



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH MEDIS DAN DAUR ULANG EFLUEN
IPAL DI RUMAH SAKIT KELAS C**

GUSTIKA OBETHAMI BATUBARA

3313100110

Dosen Pembimbing

Prof.Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH MEDIS DAN DAUR ULANG EFLUEN
IPAL DI RUMAH SAKIT KELAS C**

GUSTIKA OBETHAMI BATUBARA

3313100110

Dosen Pembimbing

Prof.Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RE 141581

**DESIGN WASTE WATER TREATMENT PLANT
FOR MEDICAL WASTE WATER AND REUSE
EFFLUENT WATER IN A HOSPITAL TYPE C**

GUSTIKA OBETHAMI BATUBARA

3313100110

Supervisor

Prof.Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTMENT

Civil Engineering and Planning Faculty

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH MEDIS DAN DAUR ULANG EFLUEN IPAL DI RUMAH SAKIT KELAS C

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

GUSTIKA OBETHAMI BATUBARA
NRP. 3313100110

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, MSc.
NIP. 19550128 198503 2 001

Surabaya, Juli 2017



PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH MEDIS DAN DAUR ULANG EFLUEN IPAL DI RUMAH SAKIT KELAS C

Nama Mahasiswa : Gustika Obethami Batubara
NRP : 3313100110
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof.Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

ABSTRAK

Setiap rumah sakit yang dibangun akan menghasilkan limbah medis dan limbah non-medis yang seharusnya diolah terlebih dahulu di Instalasi Pengolahan Air Limbah sebelum dapat dibuang kembali. Namun masih banyak rumah sakit yang tidak memberi perhatian khusus terhadap air limbah yang dihasilkan rumah sakit. Beberapa rumah sakit kelas C masih menggunakan pengolahan limbah yang tercampur antara air limbah medis dan air limbah non-medis. Air limbah medis sebaiknya tidak dicampur dengan air limbah non-medis dikarenakan karakteristik kedua jenis limbah itu berbeda. Air limbah medis bersifat toksik terhadap mikroorganisme sedangkan air limbah non-medis tidak. Selain itu efluen dari IPAL rumah sakit kelas C masih dapat dimanfaatkan dengan proses daur ulang air (*reuse effluent water*).

Diperlukan pemisahan pengolahan air limbah medis dan air limbah non-medis. Perencanaan ini difokuskan pada air limbah medis. Maka dari itu dilakukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah medis untuk rumah sakit kelas C yang diharapkan efluen dari IPAL tersebut memenuhi baku mutu PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 dan untuk upaya daur ulang (*reuse*) efluen IPAL diharapkan dapat dimanfaatkan untuk keperluan air bersih (memenuhi baku mutu PERMENKES No.492 Tahun 2010).

Perencanaan IPAL direncanakan dengan menggunakan unit grease trap, unit netralisasi, bak ekualisasi, dan *Anaerobic Biofilter* terintegrasi dengan tangki septik. Lalu efluen IPAL diolah dengan proses daur ulang air (*reuse effluent water*) yang terdiri dari unit filter karbon, desinfeksi serta reservoir. Direncanakan

dimensi bak ekualisasi yaitu panjang 3 m, lebar 3m, kedalaman 3.5 m; dimensi tangki septik kompartemen 1 yaitu panjang 1 m, lebar 3.5 m, tinggi 3 m; dimensi tangki septik kompartemen 2 yaitu panjang 0.5 m, lebar 3.5 m,tinggi 3 m; dua bak anaerobic biofilter dengan dimensi yaitu panjang 2.5 m, lebar 3.5 m, tinggi 2.5 m; dimensi filter karbon yaitu panjang 0.4 m, lebar 0.4 m, tinggi 0,6 m dengan total jumlah bak filter 6 bak; unit desinfeksi kapasitas 50 kg dan unit reservoir kapasitas 300 L. Biaya konstruksi untuk IPAL medis dan daur ulang efluen IPAL adalah Rp.310.364.304

Kata Kunci : air limbah medis, daur ulang air, IPAL, rumah sakit.

DESIGN WASTE WATER TREATMENT PLANT FOR MEDICAL WASTE WATER AND REUSE EFFLUENT WATER IN A HOSPITAL TYPE C

Name of Student : Gustika Obethami Batubara
NRP : 3313100110
Study Programme : Environmental Engineering
Supervisor : Prof.Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

ABSTRACT

Every hospital built will produce waste water from medical activity and non medical activity. The waste produced must be processed first in WWTP (Waste Water Treatment Plant) before it can be disposed. But there are still many hospital that do not have WWTP. Some class C hospitals still use mixed sewage treatment between medical waste water and non medical waste water. Medical waste water should not be mixed with non medical waste water because the characteristics of the two type of waste water are different. Medical waste water is toxic to microorganisms whereas non medical waste water is not. In addition, the effluent from WWTP of class C hospital can still be utilized (reuse effluent water) for hospital's activity such as watering plant and flushing toilet.

From the description above, it is necessary to separate medical waste water treatment and non medical waste water treatment. This planning is focused on medical waste water. The medical waste water treatment plant is expected to comply with quality standard of PERGUB JATIM No. 72 Year 2013. Also, for reuse water effluent of WWTP is expected to be utilized for clean water and meet the standard of PERMENKES No.492 Tahun 2010.

Design of WWTP consists of equalization tank, anaerobic biofilter integrated with septic tanks as biological treatment. Then effluent water can be utilized (reuse water) using filter carbon, disinfection units and reservoir. Dimension of equalization tank (3x3x3,5)m; dimension first compartment of septic tank (1x3,5x3)m; dimension second compartment of septic tank

(0,5x3,5x3)m; two anaerobic biofilter (2,5x3,5x2,5)m; dimension of filtration unit (0,4x0,4x0,6)m with total filtration units are 6 units; disinfection unit with capacity of 50 kg, and reservoir with 300 L capacity. Construction cost for WWTP and reuse effluent WWTP is Rp.310.364.304

Keyword(s) : medical waste water, reuse water effluent, WWTP, hospital

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan YME atas limpahan berkat-Nya laporan tugas akhir perencanaan ini dapat diselesaikan tepat waktu. Tugas akhir “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Medis dan Daur Ulang Efluen IPAL di Rumah Sakit Kelas C” disusun dalam rangka untuk memperdalam dan mengaplikasikan ilmu teknik lingkungan khususnya bidang pengolahan air limbah. Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc. Selaku dosen pembimbing, terima kasih atas kesediaan, motivasi, pengalaman, materi, waktu, kesabaran dan ilmu yang diberikan selama proses bimbingan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Mohammad Razif, MM., Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM., Bapak Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT. selaku dosen penguji, terima kasih atas kesabaran, ilmu dan masukan yang telah diberikan selama proses penyelesaian tugas akhir.
3. Bapak Edi Pratikno, selaku laboran Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, terimakasih atas dukungan dalam menganalisis data untuk tugas akhir.
4. Keluarga penulis yang mendoakan dan mendukung.
5. Teman-teman satu bimbingan dosen pembimbing Syauqy, Raka, Adelyna, Oca dan Rosa; teman-teman angkatan 2013; teman-teman satu Laboratorium MKL; serta sahabat-sahabat penulis selama perkuliahan. Terima kasih atas bantuan, motivasi dan ilmu yang telah dibagi.
6. Sahabat penulis Acha, Arifa, Fina, Farel, Vinta dan Nadila yang selalu memberi semangat dan motivasi kepada penulis.

Penyusunan laporan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya tidak luput dari kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun untuk penulis sangat diharapkan.

Surabaya, Maret 2016

Penulis

“ Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Perencanaan	2
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Perencanaan	3
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Objek Perencanaan	5
2.2 Pengertian Rumah Sakit	6
2.2.1 Klasifikasi Rumah Sakit	6
2.2.2 Umum	6
2.2.3 Kelas/Tipe Rumah Sakit	7
2.3 Air Limbah/Air Buangan	8
2.3.1 Definisi Air Limbah	8
2.3.2 Air Limbah Medis Rumah Sakit	8
2.3.3 Sumber Air Limbah Rumah Sakit	9
2.3.4 Sifat Limbah Cair Rumah Sakit	10
2.3.5 Baku Mutu Air Limbah	10
2.3.7 Debit Air Limbah Medis	13
2.4 Sistem Pengolahan Air Limbah	14
2.4.1 Jenis-Jenis pengolahan air limbah	14
2.4.2 Pedoman Teknis Pengolahan Air Limbah RS	16
2.4.2 Grease Trap	19
2.4.3 Bak Ekualisasi	19
2.4.4 Bak Pengendap Awal/ Tangki Septik	22
2.4.5 Anaerobic Biofilter	25
2.5 Daur Ulang Air	33
2.5.1 Bak Filtrasi	34
2.5.2 Bak Desinfeksi	35

2.5.3 Reservoir	35
BAB 3	37
METODOLOGI PERENCANAAN	37
BAB 4	43
HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Debit Air Limbah IPAL	43
4.2 Karakteristik Air Limbah IPAL	43
4.3 Perencanaan IPAL Medis dan <i>Reuse Water</i>	46
4.4 Penyusunan <i>Bill of Quantity</i> (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	84
BAB 5	101
KESIMPULAN DAN SARAN	101
5.1. Kesimpulan	101
5.2. Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	103
BIOGRAFI PENULIS	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit	11
Tabel 2. 2 Perbandingan Alternatif Pengolahan Biologis	18
Tabel 2. 3 Kriteria Desain Bak Ekualisasi	21
Tabel 2. 4 Kriteria Perencanaan Anaerobic Biofilter	29
Tabel 4. 1 Hasil Uji Laboratorium Karakteristik Air Limbah Medis IPAL Rumah Sakit Kelas C.....	44
Tabel 4. 2 Kualitas Logam Pada Air Limbah Medis	45
Tabel 4. 3 Data Fluktuasi Debit Air Limbah Rumah Sakit	54
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Kumulatif Pemakaian Reservoir ...	83
Tabel 4. 5 Harga Satuan Pekerjaan Unit.....	93
Tabel 4. 6 Rencana Anggaran Biaya	99

“ Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar2.1 Skema Bak Ekualisasi In-Line.....	18
Gambar 2.2 Skema Bak Ekualisasi Off-Line.....	18
Gambar 2. 1 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilter Anaerob- Aerob	17
Gambar 2. 4 Grafik Faktor HRT	23
Gambar 2. 5 Grafik Rasio BODrem/CODrem	24
Gambar 2. 6 Grafik Faktor Reduksi Lumpur	24
Gambar 2. 9 Grafik f-temperature	30
Gambar 2. 10 Grafik f-load.....	31
Gambar 2. 11 Grafik f-strength.....	31
Gambar 2. 12 Grafik f-surface	32
Gambar 2. 13 Grafik f-HRT	32
Gambar 2. 14 Grafik f-BODrem/CODrem	33

“ Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Undang-Undang Kesehatan RI No. 36 Tahun 2009 menyatakan bahwa upaya kesehatan lingkungan ditujukan untuk mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat baik fisik, kimia, biologi, maupun sosial yang memungkinkan setiap orang mencapai derajat kesehatan yang setinggi-tingginya. Salah satu lingkungan yang memiliki potensi cukup besar untuk tercemar oleh unsur-unsur yang dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan masyarakat adalah lingkungan rumah sakit.

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan dan gawat darurat". (menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 340/MENKES/PER/III/2010).

Setiap rumah sakit yang telah dibangun akan menghasilkan limbah medis dan limbah non-medis. Limbah yang dihasilkan harus diolah terlebih dahulu di IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) sebelum dapat dibuang kembali. Standar baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Sakit yang mengharuskan setiap rumah sakit harus mengolah air limbah sampai standar baku mutu yang diijinkan. Namun masih banyak masih banyak rumah sakit yang tidak memberi perhatian khusus terhadap air limbah yang dihasilkan rumah sakit.

Beberapa rumah sakit kelas C masih menggunakan pengolahan limbah yang tercampur antara air limbah medis dan air limbah non-medis. Lalu setelah dimasukkan kedalam IPAL didapatkan bahwa hasil pengolahan air limbah tersebut jauh lebih tinggi dari baku mutu air limbah bagi kegiatan fasilitas pelayanan kesehatan yang ditetapkan Pergub Jatim 72/2013. Air limbah medis sebaiknya tidak dicampur dengan air limbah non-medis dikarenakan karakteristik kedua jenis limbah itu berbeda. Air

limbah medis bersifat toksik terhadap mikroorganisme sedangkan air limbah non-medis tidak.

Dari uraian diatas, diperlukan pemisahan pengolahan air limbah medis dan air limbah non-medis. Perencanaan ini difokuskan pada air limbah medis. Dilakukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah medis untuk rumah sakit kelas C yang diharapkan efluen dari IPAL tersebut memenuhi baku mutu PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 dan untuk upaya daur ulang (*reuse*) efluen IPAL diharapkan dapat dimanfaatkan untuk keperluan air bersih (Peraturan Menteri Kesehatan No.492 Tahun 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian tersebut, permasalahan diatas perlu diselesaikan dengan rumusan yaitu:

1. Bagaimana merencanakan desain pengolahan yang tepat untuk instalasi pengolahan air limbah medis di rumah sakit tersebut?
2. Bagaimana merencanakan unit daur ulang efluen IPAL rumah sakit kelas C agar dapat digunakan kembali?
3. Bagaimana rancangan anggaran biaya yang diperlukan untuk desain IPAL yang direncanakan dan unit daur ulang efluen?

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Merencanakan desain instalasi pengolahan air limbah medis berdasarkan karakteristik air limbah medis.
2. Merencanakan unit daur ulang efluen IPAL rumah sakit kelas C agar dapat digunakan kembali.
3. Menentukan rancangan anggaran biaya alternatif desain IPAL yang direncanakan dan unit daur ulang efluen.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup dalam tugas akhir ini adalah :

- a. Karakteristik air limbah rumah sakit yang digunakan meliputi BOD, COD, NH_3 , TSS, pH, Suhu, PO_4 , Kuman Golongan Koli.
- b. Desain instalasi pengolahan air limbah medis di rumah sakit Kelas C.
- c. Desain unit daur ulang efluen agar dapat digunakan kembali.
- d. Perhitungan rancangan anggaran biaya menggunakan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2016.
- e. Baku mutu air limbah yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013.
- f. Baku mutu *reuse water* menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010
- g. Perencanaan ini dilakukan dari bulan Februari hingga bulan April 2017.

1.5 Manfaat Perencanaan

Manfaat dari tugas akhir ini adalah :

- a. Merancang desain instalasi pengolahan air limbah medis Rumah Sakit Kelas C sehingga air limbah yang dihasilkan memenuhi baku mutu yang berlaku.
- b. Merancang unit daur ulang efluen
- c. efluen IPAL untuk digunakan kembali.
- d. Menjaga kualitas badan air yang menjadi tempat pembuangan efluen dari rumah sakit tersebut.
- e. Memberikan rekomendasi desain IPAL dan desain unit daur ulang air pada pemrakarsa rumah sakit kelas C sehingga air limbah yang dihasilkan sesuai dengan baku mutu secara kontinu.

“ Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Objek Perencanaan

Objek perencanaan adalah rumah sakit kelas C yang merupakan rumah sakit umum daerah milik pemerintah Kota Surabaya. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 56 Tahun 2014, spesifikasi rumah sakit kelas C adalah sebagai berikut:

- a. Pelayanan Medik
 1. Pelayanan medik paling sedikit terdiri dari:
 - a) Pelayanan gawat darurat;
 - b) Pelayanan medik umum;
 - c) Pelayanan medik spesialis dasar;
 - d) Pelayanan medik spesialis penunjang;
 - e) Pelayanan medik spesialis lain;
 - f) Pelayanan medik subspesialis;
 - g) Pelayanan medik spesialis gigi dan mulut.
 2. Pelayanan gawat darurat harus diselenggarakan 24 (dua puluh empat) jam sehari secara terus menerus.
 3. Pelayanan medik umum meliputi pelayanan medik dasar, medik gigi mulut, kesehatan ibu dan anak, dan keluarga berencana
 4. Pelayanan medik spesialis dasar meliputi pelayanan penyakit dalam, kesehatan anak, bedah, dan obstetri dan ginekologi.
 5. Pelayanan medik spesialis penunjang meliputi pelayanan anestesiologi, radiologi, dan patologi klinik
 6. Pelayanan medik spesialis gigi dan mulut paling sedikit berjumlah 1 (satu) pelayanan.
- b. Pelayanan Kefarmasian
Pelayanan kefarmasian meliputi pengelolaan sediaan farmasi, alat kesehatan dan bahan medis habis pakai, dan pelayanan farmasi klinik.
- c. Pelayanan Keperawatan dan Kebidanan

Pelayanan keperawatan dan kebidanan meliputi asuhan keperawatan dan asuhan kebidanan.

- d. Pelayanan Penunjang Klinik
Pelayanan penunjang klinik meliputi pelayanan bank darah, perawatan intensif untuk semua golongan umur dan jenis penyakit, gizi, sterilisasi instrumen dan rekam medik.
- e. Pelayanan Penunjang NonKlinik
Pelayanan penunjang non-klinik meliputi pelayanan laundry/linen, jasa boga/dapur, teknik dan pemeliharaan fasilitas, pengelolaan limbah, gudang, ambulans, sistem informasi dan komunikasi, pemulasaraan jenazah, sistem penanggulangan kebakaran, pengelolaan gas medik, dan pengelolaan air bersih.
- f. Pelayanan Rawat Inap
Pelayanan rawat inap harus dilengkapi dengan fasilitas sebagai berikut:
 - 1. Jumlah tempat tidur perawatan kelas III paling sedikit 30% (tiga puluh persen) dari seluruh tempat tidur untuk rumah sakit milik pemerintah.
 - 2. Jumlah tempat tidur perawatan kelas III paling sedikit 20% (dua puluh persen) dari seluruh tempat tidur untuk rumah sakit milik swasta.
 - 3. Jumlah tempat tidur perawatan intensif sebanyak 5% (lima persen) dari seluruh tempat tidur untuk rumah sakit milik pemerintah dan rumah sakit milik swasta.

2.2 Pengertian Rumah Sakit

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan dan gawat darurat (Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 340/MENKES/PER/III/2010).

2.2.1 Klasifikasi Rumah Sakit

Rumah sakit dapat diklasifikasikan secara umum dan berdasarkan kelas/tipe rumah sakit yang terdapat di Indonesia.

2.2.2 Umum

Pembagian tipe rumah sakit berdasarkan atas beberapa aspek penilaian yaitu kapasitas atau daya tampung rumah sakit, kemampuan pelayanan rumah sakit, dimana dalam hal ini menyangkut kelengkapan instalasi yang ada di rumah sakit, jenis pelayanan yang disediakan, peralatan yang tersedia, serta jumlah dan kualitas tenaga medis yang ada di rumah sakit tersebut (Wijaya,2005).

2.2.3 Kelas/Tipe Rumah Sakit

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 56 Tahun 2014, rumah sakit umum memegang peranan penting dalam upaya pemenuhan fasilitas kesehatan, dibantu oleh rumah sakit khusus yang menangani bidang spesifik tertentu. Dalam pembagiannya berdasarkan pelayanan yang diberikan, sumber daya manusia, peralatan, serta bangunan dan prasarana.

Rumah sakit umum dibagi menjadi 4 kelas, antara lain:

- a. Rumah sakit umum kelas A
- b. Rumah sakit umum kelas B
- c. Rumah sakit umum kelas C
- d. Rumah sakit umum kelas D

Rumah sakit umum kelas D diklasifikasikan menjadi:

- a. Rumah sakit umum kelas D
- b. Rumah sakit umum kelas D pratama

Rumah sakit khusus diklasifikasikan menjadi:

- a. Rumah sakit khusus kelas A
- b. Rumah sakit khusus kelas B
- c. Rumah sakit khusus kelas C

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 92 Tahun 1986, berdasarkan fasilitasnya, rumah sakit umum dibagi menjadi 4 kelas, antara lain :

- e. Rumah Sakit Umum Kelas A

Rumah sakit kelas A memiliki daya tampung lebih dari 1000 tempat tidur Luas skope pelayanan rumah sakit ini adalah tingkat Nasional.

- f. Rumah Sakit Umum Kelas B

Rumah sakit umum kelas B Rumah sakit ini memiliki daya tampung 600 hingga 800 tempat tidur.

- g. Rumah Sakit Umum Kelas C
Rumah sakit umum kelas C memiliki daya tampung 100 hingga 300 tempat tidur.
- h. Rumah Sakit Umum Kelas D
Rumah sakit umum kelas D memiliki daya tampung 25 hingga 100 tempat tidur.

2.3 Air Limbah/Air Buangan

2.3.1 Definisi Air Limbah

Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat – zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Batasan ini menyatakan bahwa air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah cair yang berasal dari industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada (Notoatmodjo, 2000).

Air Limbah adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga yang juga berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya (Daud, 2005). Dari batasan-batasan tersebut dapat disimpulkan bahwa air buangan adalah air yang tersisa dari kegiatan manusia, baik kegiatan rumah tangga maupun kegiatan lain seperti industri, perhotelan, dan sebagainya. Meskipun merupakan air sisa, namun volumenya besar, karena lebih kurang 80 % dari air yang digunakan bagi kegiatan manusia sehari-hari tersebut dibuang lagi dalam bentuk yang sudah kotor (tercemar).Selanjutnya air limbah ini akhirnya mengalir ke sungai dan laut serta akan digunakan oleh manusia lagi.Oleh sebab itu, air buangan ini harus dikelola dan atau diolah secara baik (Notoatmodjo, 2000).

2.3.2 Air Limbah Medis Rumah Sakit

Rumah sakit merupakan penghasil limbah klinis terbesar, beberapa jenis limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit dapat membahayakan dan menimbulkan gangguan kesehatan bagi orang yang ada didalamnya, maupun yang berada di sekitar rumah sakit, sehingga terhadap limbah tersebut diperlukan suatu

pengelolaan sebelum dibuang ke lingkungan. Secara umum yang dimaksud dengan air limbah (*sewage*) adalah *excreta* manusia, air kotor dari dapur, kamar mandi dari WC, dari perusahaan-perusahaan termasuk pula air kotor dari permukaan tanah dan air hujan. *Sewage* dibedakan menjadi *domestic sewage* yang berasal dari rumah-rumah dan *industrial sewage* yang berasal dari sisa-sisa proses industri (Entjang, 2005).

Air Limbah rumah sakit adalah semua limbah cair yang berasal dari rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun, dan radioaktif (Sanropie, 2006). Limbah cair yang dihasilkan dari sebuah rumah sakit umumnya banyak mengandung bakteri, virus, senyawa kimia, dan obat-obatan yang dapat membahayakan bagi kesehatan masyarakat sekitar rumah sakit tersebut.

Limbah cair medis yakni limbah yang berasal dari berbagai pelayanan medis, seperti perawatan gigi, farmasi, kamar bedah, atau sejenisnya; kegiatan penelitian, pengobatan, perawatan, laboratorium yang menggunakan bahan berbahaya (Wijaya, 2005).

2.3.3 Sumber Air Limbah Rumah Sakit

Air Limbah yang dihasilkan oleh suatu rumah sakit merupakan suatu bentuk limbah dari limbah klinis rumah sakit. Limbah cair tersebut memiliki sumber yang beragam dengan komposisi utama berupa buangan cair pasien. Jenis limbah cair dalam rumah sakit, serta asal limbah adalah sebagai berikut (Wijaya, 2005):

1. Limbah infeksius, merupakan limbah yang dihasilkan dari pasien dengan penyakit menular dalam suatu perawatan intensif, limbah cair yang berasal dari laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan mikrobiologi. Selain sumber tersebut, instalasi seperti kamar jenazah juga menghasilkan limbah jenis infeksius tersebut.
2. Limbah sitotoksik, merupakan jenis limbah yang mengandung atau terkontaminasi oleh zat sitotoksik, limbah ini dapat dihasilkan dari berbagai tempat di rumah sakit, karena selama proses peracikan, pengangkutan sampai pada terapi ke pasien melibatkan banyak pihak.

3. Limbah farmasi, merupakan limbah yang berasal dari berbagai jenis sisa obat-obatan yang digunakan selama perawatan.
4. Limbah kimia, merupakan jenis limbah yang dihasilkan dari penggunaan berbagai bahan kimia, seperti bahan kimia untuk tindakan medis, bahan kimia laboratorium, proses sterilisasi (pencucian linen oleh *laundry*).
5. Limbah radioaktif, merupakan limbah yang terkontaminasi oleh radio isotop yang diperoleh dari penggunaan untuk terapi radiasi, unit radiologi serta laboratorium riset di rumah sakit. Limbah jenis ini sangat fleksibel sehingga terdapat dalam berbagai bentuk tergantung kepada zat yang dikontaminasi.

2.3.4 Sifat Limbah Cair Rumah Sakit

Secara garis besar sifat limbah cair rumah sakit tergantung dari sumbernya serta berbagai macam atau jenis penyakit dari pasien/penderita yang dirawat, dapat dibedakan menjadi:

1. Limbah cair non toksik, yaitu limbah cair yang terdiri atas air kotoran manusia seperti tinja dan air kemih yang berasal dari kloset dan peturasan di dalam toilet/kamar mandi serta air bekas yaitu limbah cair *lavatory*, tempat cucian di dapur, bekas membersihkan lantai, ruang cuci, kamar mandi dan ruang perawatan.
2. Limbah cair toksik, yaitu limbah cair yang mengandung zat-zat beracun. Zat beracun dalam hal ini adalah bahan-bahan kimia organik, detergen, zat organik. Zat-zat ini merupakan racun yang mempunyai sifat dapat menghambat metabolisme tubuh. Limbah ini biasanya berasal dari laboratorium, apotek, ruang bedah, ruang pencucian film radiologi, dll.

2.3.5 Baku Mutu Air Limbah

Sebuah peraturan yang mengatur air limbah diperlukan untuk menjaga kualitas air permukaan atau badan air agar tidak tercemar. Salah satu peraturan yang berlaku di Indonesia untuk standardisasi adalah baku mutu. Peraturan baku mutu air limbah yang digunakan adalah PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013.

Baku mutu ini mengatur kualitas air limbah yang harus dikeluarkan oleh rumah sakit berdasarkan kegiatan produksinya di area Provinsi Jawa Timur. Baku mutu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit

Volume Limbah Cair Maksimum 500 L/ (orang.hari)	
Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
Suhu	30°C
pH	6-9
BOD ₅	30
COD	80
TSS	30
NH ₃ -N bebas	0,1
PO ₄	2
MPN-Kuman Golongan Koli / 100 ml	10.000

Sumber: Baku Mutu PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013

Pada Tabel 2.1 terdapat delapan parameter yang harus dipenuhi oleh setiap rumah sakit. Penjelasan dari setiap parameter yang tercantum pada baku mutu PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 adalah sebagai berikut:

a. BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan zat-zat organik secara biokimia oleh mikroorganisme. Bahan organik dalam air buangan tersusun dari karbon, oksigen, dan sedikit unsur-unsur lainnya, seperti belerang, nitrogen. Mikroorganisme mempunyai potensi untuk bereaksi dengan oksigen. Oksigen tersebut dipergunakan oleh mikroorganisme untuk respirasi sehingga dapat menguraikan senyawa organik. Baku mutu limbah cair rumah sakit menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, kandungan BOD dalam air buangan dari rumah sakit maksimal sebesar 30 mg/L.

Selama identifikasi BOD, sampel yang dianalisis harus bebas dari udara luar agar menghindari kontaminasi dari oksigen yang berada di luar pada udara bebas (Salmin, 2005). BOD menggambarkan suatu bahan organik yang dapat didekomposisi dengan proses biologis. Bahan organik dapat berupa protein,

glukosa, kanji, lemak, ester, dan lain sebagainya. Bahan –bahan organik merupakan hasil pembuangan dari industri dan buangan limbah domestik atau berasal dari pembusukan hewan atau tumbuhan yang sudah tidak hidup (Effendi, 2003).

b. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan zat-zat organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik dalam air yang dapat dioksidasi secara kimia. Kadar COD dalam air limbah akan semakin menurun apabila berkurangnya konsentrasi bahan organik dalam air limbah. Baku mutu limbah cair rumah sakit menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya kandungan COD dalam air buangan dari rumah sakit maksimal sebesar 80 mg/L.

c. Padatan total (Total Solid)

Jumlah zat padat yang tertinggal apabila air buangan yang diuapkan pada suhu 103–105 °C. Padatan ini dapat digolongkan menjadi padatan tersuspensi, koloid, dan terlarut. Baku mutu limbah cair rumah sakit menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya kandungan padatan tersuspensi dalam air limbah rumah sakit maksimal sebesar 30 mg/L.

d. pH

Fluktuasi pH yang sangat besar merupakan karakteristik negatif dari air buangan rumah sakit. Variasi pH ini terutama disebabkan oleh berbagai jenis limbah medis yang dihasilkan. Baku mutu limbah rumah sakit menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya pH dalam air buangan dari rumah sakit adalah sebesar 6 – 9.

e. MPN-Kuman Golongan Koli

Kualitas air limbah rumah sakit meliputi kualitas fisik, kimia, mikrobiologis dan radio aktivitas. Kualitas mikrobiologis ditunjukkan dengan indikator angka kuman (MPN koliform). Baku mutu limbah cair rumah sakit menurut Peraturan Gubernur Jawa

Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya MPN-Kuman Golongan Koli dalam air buangan dari rumah sakit adalah sebesar 10.000 mg/L dalam 100 mL.

E. Coli jika masuk ke dalam saluran pencernaan dalam jumlah banyak dapat membahayakan kesehatan. Walaupun E. Coli merupakan bagian dari mikroba normal saluran pencernaan, tapi saat ini telah terbukti bahwa galur - galur tertentu mampu menyebabkan gastroenteritis taraf sedang hingga parah pada manusia dan hewan. Sehingga, air yang akan digunakan untuk keperluan sehari-hari berbahaya dan dapat menimbulkan penyakit infeksius (Suriaman, 2008).

f. $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas

Kadar NH_3 bebas yang tinggi dapat mengakibatkan iritasi dan korosi pada alat-alat pengolahan air limbah, selain itu juga dapat mengakibatkan pertumbuhan mikroorganisme dan mengganggu proses desinfeksi khususnya yang menggunakan khlor (Depkes 2005). Baku mutu limbah cair rumah sakit menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas dalam air buangan dari rumah sakit adalah sebesar 0.1 mg/L.

g. PO_4

Salah satu parameter yang diukur dalam penentuan kualitas hasil pengolahan limbah cair adalah kadar fosfat dalam effluent, dan kadar fosfat di beberapa rumah sakit masih melebihi baku mutu yang telah ditentukan. Fosfat dalam air limbah dapat berupa fosfat organik, orthophosphate anorganik atau sebagai fosfat kompleks/polyphosphate. Baku mutu limbah cair rumah sakit menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah untuk Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya adalah 2 mg/L.

2.3.7 Debit Air Limbah Medis

Dalam merencanakan desain suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL), data mengenai air buangan yang diolah atau perkiraan debit air buangan merupakan data yang sangat

penting, karena hal tersebut akan menentukan jenis dan kapasitas desain IPAL.

Jumlah kebutuhan air bersih untuk kegiatan rumah sakit di Indonesia masih belum dapat ditetapkan secara pasti. Jumlah tersebut tergantung kelas dan berbagai pelayanan yang ada di rumah sakit yang bersangkutan. Makin banyak pelayanan yang ada di pihak rumah sakit tersebut, semakin besar jumlah kebutuhan air. Di lain pihak, semakin besar jumlah tempat tidur semakin rendah proporsi kebutuhan air bersih per tempat tidur. Secara umum, perkiraan kebutuhan air bersih didasarkan pada jumlah tempat tidur. Kebutuhan minimal air bersih adalah 500 Lt/hari, (Departemen Kesehatan RI, 2009). Debit air limbah medis didapatkan dengan cara sampling influen IPAL dengan alat ukur *flowmeter*.

2.4 Sistem Pengolahan Air Limbah

Sistem pengolahan air limbah tersusun dari metode unit operasi dan unit proses pengolahan yang terintegrasi sehingga mampu membentuk sebuah sistem pengolahan air limbah yang terpadu. Penyisihan polutan selama pengolahan tergantung pada konsep tahap pengolahan dan efisiensi dari tiap tahap pengolahan (Von S, 2005). Konsep dari unit operasi dan unit proses dapat disusun secara acak karena dapat dilakukan secara bergantian dengan susunan yang tepat dan disesuaikan dengan kegunaan serta konsep dari setiap unit yang digunakan (Tchobanoglous, 2002).

2.4.1 Jenis-Jenis pengolahan air limbah

Jenis metode pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

- a. Pengolahan fisik
Pengolahan fisik adalah metode pengolahan untuk mengolah fisik yang sangat dominan dan mudah terlihat dari air limbah. Contoh unit pengolahan fisik adalah penyaringan (*screening*), pengadukan (*mixing*), flokulasi, sedimentasi, pengapungan (*flotation*), dan filtrasi.
- b. Pengolahan biologis

Pengolahan biologis metode adalah pengolahan untuk menghilangkan polutan dengan bantuan bakteri atau mikroorganisme melalui aktivitas biologis seperti nitrifikasi, denitrifikasi, dan penghilangan zat-zat organik (BOD, COD, dll).

c. Pengolahan kimiawi

Pengolahan kimiawi adalah metode pengolahan untuk mengonversi atau menghilangkan polutan dengan penambahan zat kimia maupun melalui proses kimiawi seperti presipitasi, adsorpsi, dan desinfeksi.

Menurut Von, S (2005), pengolahan air limbah dibagi dalam beberapa tahap yaitu:

a. Pengolahan Pendahuluan (*preliminary treatment*)

Tahap pra-pengolahan adalah pengolahan untuk menghilangkan material dengan ukuran yang besar seperti sampah, timbunan, dan sebagainya.

b. Pengolahan Pertama (*primary treatment*)

Pengolahan pertama (*primary treatment*) adalah pengolahan untuk menurunkan padatan tersuspensi dan zat-zat organik. Pemisahan ini biasanya dilakukan dengan operasi fisik seperti pengendapan/sedimentasi. Efluen dari pengolahan ini masih mengandung cukup banyak bahan organik dan mempunyai nilai BOD yang cukup tinggi. Jarang sekali pengolahan ini dipakai sebagai satu – satunya cara pengolahan air buangan. Tujuan utama pengolahan ini adalah sebagai pengolahan pendahuluan bagi pengolahan kedua (*secondary treatment*) atau mengurangi beban pengolahan kedua.

c. Pengolahan Kedua (*secondary treatment*)

Pengolahan kedua (*secondary treatment*) diarahkan terutama untuk memisahkan bahan organik dan padatan tersuspensi yang dapat terdegradasi secara biologis. Pengolahan pada tahap ini biasanya memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk memisahkan kontaminan – kontaminan dalam air limbah sehingga dikategorikan sebagai unit pengolahan biologis. Target utama pengolahan kedua adalah penurunan kandungan

bahan organik (biasanya diukur dalam BOD atau COD), padatan tersuspensi, dan mikroorganisme patogen.

d. Pengolahan Lanjut (*advanced treatment*)

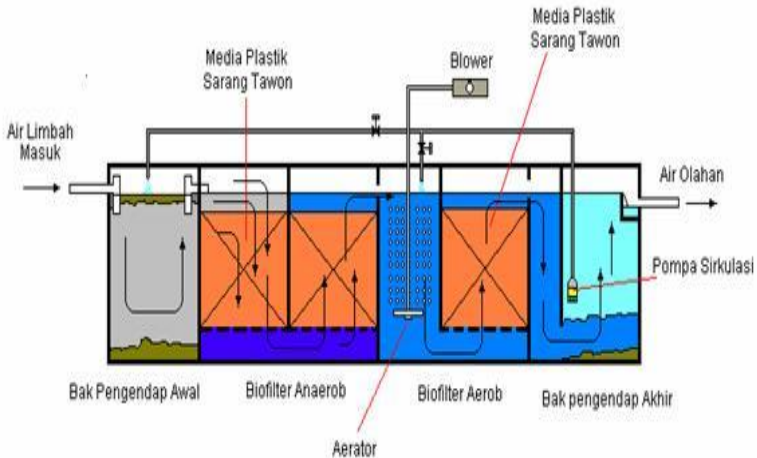
Sering disebut juga dengan pengolahan ketiga (*tertiary treatment*). Pengolahan lanjutan dapat didefinisikan sebagai pengolahan yang dilakukan setelah pengolahan kedua untuk memisahkan konstituen – konstituen tertentu seperti nutrient, bakteri penyakit atau patogen, logam, sisa-sisa padatan tersuspensi, dan sebagainya. Pengolahan lanjut juga dilakukan untuk memenuhi kriteria kualitas tertentu, apalagi jika air terolah akan dipakai kembali, contohnya seperti *cooling tower*. Contoh pengolahan lanjut adalah koagulasi kimiawi, flokulasi, penyaringan/filtrasi, penggunaan karbon aktif, *ion exchange*, *reverse osmosis* dan sebagainya.

2.4.2 Pedoman Teknis Pengolahan Air Limbah RS

Pada proses air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, sebagian besar teknologi yang digunakan untuk menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme disebut dengan proses biologis. Air limbah yang berasal dari laboratorium dipisahkan dan ditampung karena mengandung logam berat, kemudian diolah secara kimia-fisika.

Di dalam Seri Sanitasi Lingkungan Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Kementrian Kesehatan RI Tahun 2011 disebutkan bahwa mengolah biofilter anaerob dan aerob merupakan pengolahan yang sesuai untuk diterapkan dalam fasilitas rumah sakit. Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter aerob. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob, polutan organik yang ada dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metan tanpa menggunakan energi (*blower* udara) tetapi amoniak dan fosfat tidak hilang. Oleh sebab itu, biofilter anaerob hanya dapat menurunkan polutan organik (*Biological Oxygen Demand*, *Chemical Oxygen*

Demand dan *Total Suspended Solid*). Supaya hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu maka air olahan dari proses biofilter anaerob selanjutnya diolah ke biofilter aerob untuk menyisihkan ammonia.



Gambar 2. 1 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilter Anaerob- Aerob

Alternatif Pengolahan Biologis

Sebagai unit pengolahan yang paling penting dalam rangkaian IPAL, unit ini sangat rentan terhadap berbagai macam pengaruh dan gangguan, seperti fluktuasi beban, cuaca, dsb. Gangguan tersebut dapat mempengaruhi kinerja (efisiensi) IPAL tersebut. Untuk menghindari hal tersebut maka perlu dilakukan evaluasi dan analisis sebelum mendesain pengolahan biologis.

Dalam melakukan perencanaan unit biologis, akan digunakan pertimbangan terhadap keunggulan dan kelemahan dari masing-masing jenis pengolahan biologis dengan kriteria penilaian seperti telah diuraikan di atas. Adapun alternatif pengolahan biologis yang diajukan terdiri dari:

Tabel 2. 2 Perbandingan Alternatif Pengolahan Biologis

Perbandingan	Tangki Aerasi (<i>Extended Aeration</i>)	<i>Rotating Biological Contactor (RBC)</i>	<i>Anaerobic Biofilter (ABF)</i>
Produksi Lumpur	banyak	banyak	tidak
Efisiensi penyisihan BOD tinggi	ya	ya	ya
Mendukung nitrifikasi dan denitrifikasi	ya	ya	ya
Bagus dalam mengolah air limbah yang mengandung logam berat	tidak	ya	ya
Kebutuhan akan energi sedikit	tidak	ya	ya
Kebutuhan lahan kecil	tidak	ya	tidak
Baik dalam mengatasi <i>shock</i> beban organik tinggi	tidak	ya	tidak
Mudah dalam operasional	tidak	tidak	ya
Biaya operasional murah	tidak	tidak	ya
Biaya konstruksi murah	tidak	tidak	ya

Sumber : Wijaya, 2005

Pemilihan terhadap salah satu bangunan biologis diutamakan pada kebutuhan biaya dalam konstruksi, karakteristik effluen yang baik dan kebutuhan luas lahan yang tidak terlalu besar, dll. Berdasarkan beberapa faktor tersebut, maka pengolahan biologis *Anaerobic Biofilter (ABF)* dipilih sebagai pengolahan yang cocok.

Pada perencanaan ini tidak mengikuti pedoman teknis dikarenakan perencanaan yang dilakukan merupakan modifikasi IPAL rumah sakit dan diharapkan juga akan memiliki efluen yang baik dan memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

2.4.2 Grease Trap

Grease trap atau bak pemisah lemak, merupakan unit pre-treatment yang digunakan untuk memisahkan minyak dan lemak yang terkandung di dalam air limbah, sebelum memasuki proses pengolahan biologis.

2.4.2.1 Perhitungan Grease Trap

Dimensi grease trap didapatkan dengan cara melakukan perkalian antara debit dengan waktu tinggal, atau waktu detensi (td). Kemudian dengan kedalaman yang telah ditentukan, didapatkan nilai luas permukaan bak. Perbandingan panjang dengan lebar ditentukan untuk mendapatkan masing-masing panjang dan lebar. Jumlah kompartemen dipilih dan disesuaikan berdasarkan besarnya konsentrasi influen minyak dan lemak serta besarnya konsentrasi efluen yang diinginkan.

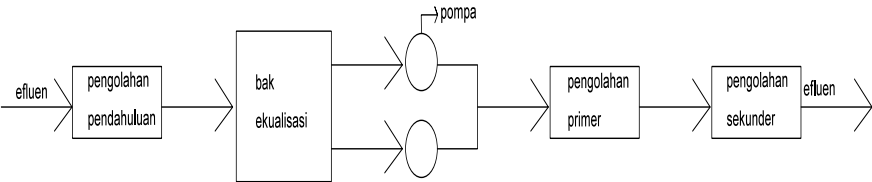
2.4.3 Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi bukan merupakan unit yang dapat melakukan pengolahan baik secara fisik, kimia, maupun biologis. Tujuan dari pembangunan bak ekualisasi adalah untuk mengatasi beberapa masalah yaitu:

1. Mengatasi terjadinya variasi aliran/debit dan beban limbah cair selama operasional.
2. Meningkatkan kinerja proses yang terdapat pada bagian hilir IPAL.
3. Mengurangi ukuran fisik bangunan pengolahan.

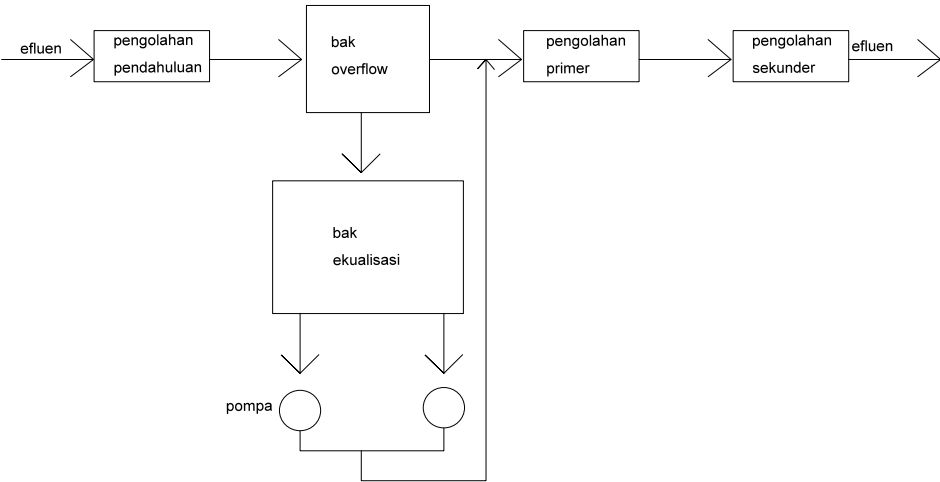
Bak ekualisasi merupakan salah satu unit yang paling penting dalam sistem pengolahan air limbah. Bak ekualisasi memiliki dua macam yaitu tipe *in-line* dan *off-line equalization*. Pada *in-line equalization tank*, seluruh air buangan yang akan diolah, dipompa dengan aliran konstan menuju ke bagian selanjutnya dari proses pengolahan. Pada *off-line equalization tank*, aliran air buangan (rata-rata) berasal dari *overflow* pada saat jam puncak, sedangkan air buangan dari bak ekualisasi akan dipompa menuju bagian pengolahan IPAL bila terjadi aliran

minimum (Tchobanoglous,2002). Skema dari tipe bak ekualisasi *In-Line* dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan skema dari tipe bak ekualisasi *Off-Line* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Skema Bak Ekualisasi In-Line

Skema dari tipe bak ekualisasi *Off-Line* dapat dilihat pada



Gambar 2. 3 Skema Bak Ekualisasi Off-Line

Penentuan kapasitas atau volume bak ekualisasi yang diperlukan dihitung dengan menggunakan diagram massa

20

influen, dimana volume influen secara kumulatif diplotkan terhadap waktu (jam) dalam satu hari di kurva x-y. Pada kurva yang sama juga diplotkan aliran/debit rata-rata.

Volume diperoleh dengan mengukur jarak/beda antara kurva dengan garis lurus (aliran rata-rata). Volume hasil perhitungan harus ditambahkan dengan faktor keamanan, sehingga volume total yang diperlukan akan lebih besar, hal tersebut diperlukan karena:

- Operasi unit-unit pada IPAL bersifat kontinu, sehingga diperlukan volume lebih agar operasi tersebut berjalan baik
- Sebagai cadangan terhadap berbagai beban berlebih
- Untuk mengakomodasi keperluan resirkulasi aliran ke bak ekualisasi

2.4.3.1 Kriteria Perencanaan

Kriteria yang digunakan dalam merencanakan Bak Ekualisasi terdapat pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2. 3 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Satuan	Nilai
Kedalaman minimum	m	1,5 - 2
Ambang bebas	m	1

Sumber : Tchobanoglous, *et al.*, 2002

2.4.3.2 Perhitungan Bak Ekualisasi

- a. Menghitung diameter pipa inlet dan headloss yang terjadi:

$$D = (4 A/\pi)^{1/2} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

D = Diameter pipa inlet (mm)

A = luas permukaan (m²)

- b. Menghitung *Headloss* yang terjadi

$$H_f \text{ mayor} = (Q/(0,00155 \times C \times D^{2,63}))^{1,85} \times L\dots\dots(2.13)$$

$$H_f \text{ minor} = K \times v^2/2g\dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

Q = debit air limbah (m³/s)

C = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (cm)
 L = panjang pipa (m)
 K = jumlah belokan pipa
 v = kecepatan aliran
 g = kecepatan gravitasi (m/s)

- c. Menghitung dimensi bak ekualisasi dengan persamaan:

$$V_{maksimum} = Q \times t_d \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana :

V = volume bak ekualisasi (m³)

Q = debit air limbah (m³/jam)

t_d = waktu pengisian bak

- d. Menghitung pompa yang digunakan

$$Head\ sistem = H_f\ mayor + H_f\ minor + (v^2/2g) \dots (2.16)$$

$$Head\ statis = \text{jarak muka air sampai pipa tertinggi} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$Head\ pompa = head\ statis + head\ sistem \dots \dots (2.18)$$

2.4.4 Bak Pengendap Awal/ Tangki Septik

Proses sedimentasi secara umum diartikan sebagai proses pengendapan, di mana akibat gaya gravitasi, partikel yang mempunyai berat jenis lebih besar dari berat jenis air akan mengendap ke bawah dan yang lebih kecil berat jenisnya akan mengapung. Kecepatan pengendapan partikel akan bertambah sesuai dengan pertambahan ukuran partikel dan berat jenisnya.

Pada perencanaan ini akan direncanakan bak pengendap awal yang berupa tangki septik terintegrasi dengan bak anaerobik biofilter. Perencanaan dilakukan berdasarkan kriteria desain Sasse (2009).

2.4.4.1 Kriteria Perencanaan

Berikut ini merupakan kriteria desain dalam konstruksi tangki septik menurut Sasse (2009)

- Jumlah kompartemen (2-3)
- Kedalaman (1.5-2.5)

2.4.4.2 Perhitungan Bak Pengendap Awal (Tangki Septik)

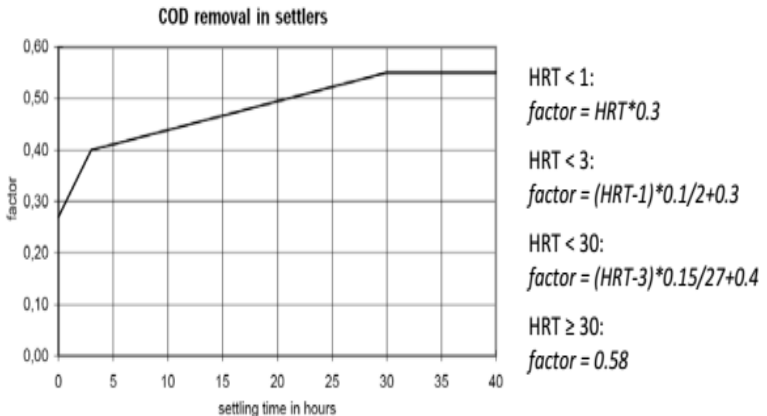
Menurut Sasse (2009) langkah-langkah perencanaan dari tangki septik yang terintegrasi dengan anaerobic biofilter adalah sebagai berikut:

1. Menentukan debit air limbah yang akan diolah ($m^3/hari$)
2. Menentukan waktu pengaliran air limbah (jam/hari)
3. Menentukan BOD_{in} dan COD_{in} (mg/L) berdasarkan hasil uji laboratorium atau perhitungan kalkulasi per kapita.
4. Menentukan SS/COD rasio (mg/L) berdasarkan hasil uji laboratorium atau asumsi
5. Menentukan *Hydraulic Retention Time* (HRT)
6. Menentukan interval waktu pengurasan lumpur
7. Menghitung aliran maksimum saat penggunaan jam puncak (*peak hour*)

$$Q \text{ (m}^3/\text{jam)} = Q_{\text{average}} / \text{waktu pengaliran}$$

$$= m^3/hari / (\text{jam/hari})$$
8. Menghitung COD/BOD rasio

$$\text{COD/BOD rasio} = \text{COD}_{in} \text{ (mg/L)} / \text{BOD}_{in} \text{ (mg/L)}$$
9. Menentukan faktor hubungan penyisihan COD dengan HRT berdasarkan Gambar 2.3

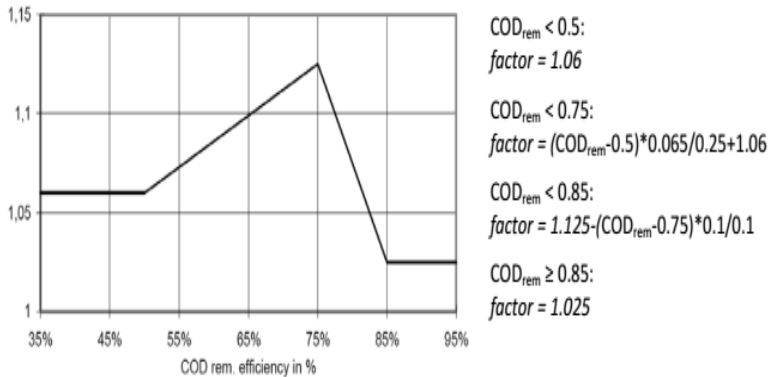


Gambar 2. 4 Grafik Faktor HRT

10. Menghitung laju penyisihan COD (%)

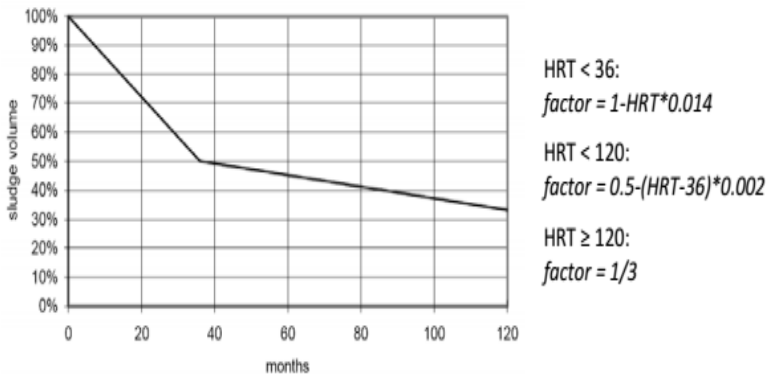
$$\% \text{COD removal} = \text{SS/COD} / 0.6 * \text{faktor COD/HRT}$$
11. Menghitung COD_{out} (mg/L)

$$\text{COD}_{out} = (1 - \% \text{COD removal}) * \text{COD}_{in}$$
12. Menentukan faktor penyisihan rasio BOD/COD untuk mengetahui %BOD removal berdasarkan Gambar 2.4



Gambar 2. 5 Grafik Rasio BODrem/CODrem

13. Menghitung laju penyisihan BOD (%)
 $\%BOD_{removal} = \%COD_{removal} * faktor\ BOD/COD$
14. Menghitung BOD_{out} (mg/L)
 $BOD_{out} = (1 - \%BOD_{removal}) * BOD_{in}$
15. Menentukan faktor reduksi volume lumpur berdasarkan Gambar 2.5



Gambar 2. 6 Grafik Faktor Reduksi Lumpur

16. Menghitung volume lumpur/ BODremoval (L/g BODrem)
 $Lumpur/BOD_{rem} = 0.005 * faktor\ reduksi\ lumpur$
17. Menghitung BOD tersisihkan (mg/L atau g/m³)

- BOD tersisihkan = $BOD_{in} \text{ (mg/L)} - BOD_{out} \text{ (mg/L)}$
18. Menghitung volume lumpur dari penyisihan BOD (m^3/m^3)

$$\frac{m^3}{m^3} = (\text{lumpur}/BOD_{rem}) * (BOD \text{ tersisihkan})/1000 \text{ L}/m^3$$

$$= (L/g \text{ } BOD_{rem}) * (g/m^3) / 1000 \text{ L}/m^3$$
19. Menghitung volume lumpur (m^3)

$$\text{Vol lumpur total} = \text{produksi lumpur} \times (BOD_{in} - BOD_{out})/1000 \times Q \times 30 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} + (HRT \times Q \text{ per jam})$$
20. Menghitung produksi biogas (m^3/hari)

$$\text{Biogas} = [COD_{in} - COD_{out}] \times Q \times 0.35/1000 / 0.7 \times 0.5$$
21. Menghitung panjang kompartemen 1 tangki septik

$$P = \frac{2}{3} \times V \text{ tangki septik} / \text{Lebar tangki septik} / H \text{ air di inlet}$$
22. Menghitung panjang kompartemen 2 tangki septik

$$P = \text{panjang tangki septik pertama} / 2 \text{ kompartemen}$$
23. Menghitung volume kompartemen

$$\text{Vol per kompartemen} = \text{Luas permukaan tiap bak} \times H_{bak}$$

2.4.5 Anaerobic Biofilter

Proses pengolahan air limbah secara fisik hanya dapat menghilangkan partikel organik terlarut maupun tidak terlarut, pengendapan fosfat maupun pengendapan partikel diskrit. Oleh karena itu, dibutuhkan proses pengolahan air limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk menghilangkan kandungan organik yang tidak dapat diendapkan oleh proses pengolahan fisik, (Lin, 1999).

Tchobanoglous (2002) dalam bukunya menyatakan bahwa, proses fermentasi pada pengolahan anaerobik berlangsung dalam empat tahap, yaitu:

1. Hidrolisis
 Hidrolisi merupakan tahapan pertama proses fermentasi anaerobik, dimana partikulat (polimer kompleks) diubah ke dalam ikatan yang larut dalam air (*soluble*), yang kemudian dapat dihidrolisis lebih lanjut menjadi ikatan monomer sederhana.
2. Acidogenesis

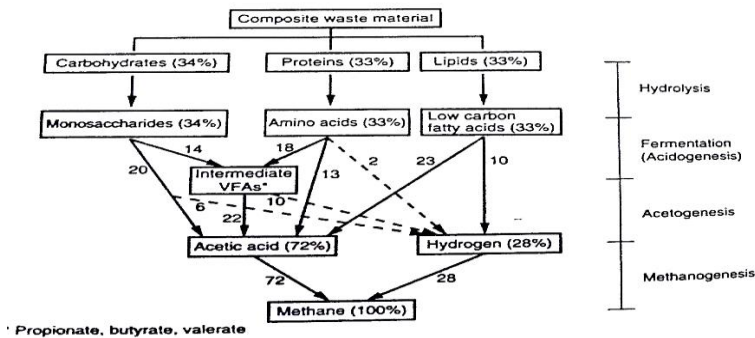
Acidogenesis merupakan tahap kedua dalam fermentasi proses anaerobik, dimana akan menghasilkan produk hasil berupa *volatile fatty acids* (VFA), propionat, butirat, CO₂ dan hidrogen. Dalam proses fermentasi, substrat berfungsi sebagai elektron donor dan akseptor.

3. Acetogenesis

Acetogenesis merujuk kepada fermentasi lebih lanjut dari fermentasi acidogenesis oleh bakteri untuk merubah produk hasil dari acidogenesis, yakni propionat dan butirat, untuk memproduksi asetat, CO₂ dan hidrogen.

4. Methanogenesis

Proses methanogenesis dilaksanakan oleh kelompok organisme *Archae* yang diketahui sebagai methanogen. Kelompok pertama, *acetoclastic methanogen*, mengubah asetat menjadi methan dan karbon dioksida. Kelompok kedua, *hydrogenotrophic methanogen*, menggunakan hidrogen sebagai elektron donor dan CO₂ sebagai elektron akseptor untuk memproduksi methan. Komposisi gas yang diproduksi dari proses fermentasi yang stabil dan methanogenesis mengandung 65% methan dan 35% CO₂ (tipikal).



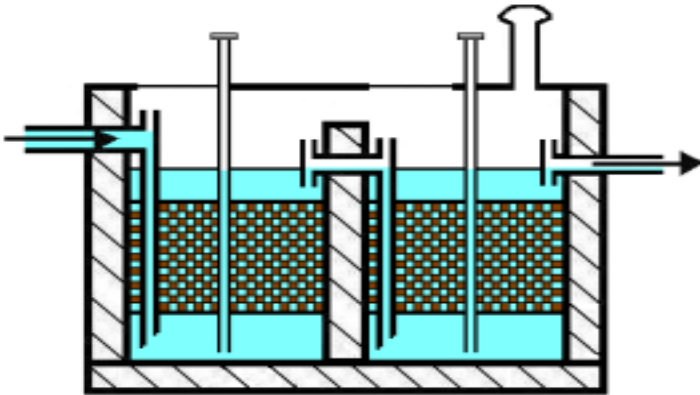
Sumber: Tchobanoglous, 2002

Gambar 2. 7 Prinsip Penyisihan COD dalam Proses Anaerob

Pengolahan anaerobik menghasilkan biogas, dimana 55% hingga 75% berupa metana (CH_4), 25% hingga 45% berupa karbon dioksida (CO_2), dan sebagian kecil berupa H_2S , H_2 , NH_3 . Material organik yang dikonversi menjadi metana terdiri dari 34% karbohidrat, 33% protein, dan 33% lemak. Ketiga komponen ini kemudian dihidrolisis menjadi komponen sederhana, dimana 34% karbohidrat menjadi 34% monosakarida, 33% protein menjadi 33% asam amino, dan 33% lemak menjadi 33% *Low Carbon Fatty Acids* (LCFAs). Kemudian 14% monosakarida dan 18% asam amino akan mengalami proses fermentasi menjadi 32% *Intermediate VFAs*. Pada proses asetonogenesis, 20% monosakarida dikonversi menjadi asam asetat dan 6% menjadi hidrogen, 13% asam amino dikonversi menjadi asam asetat dan 2% menjadi hidrogen, 23% LCFAs dikonversi menjadi asam asetat dan 10% menjadi hidrogen, sementara 32% *Intermediate VFAs* dikonversi menjadi 22% asam asetat dan 10% hidrogen. Sehingga akan dihasilkan 72% asam asetat dan 28% hidrogen. Kedua komponen ini akan menghasilkan 100% metana dalam proses metanogenesis.

Proses pengolahan secara biologis di rumah sakit dibedakan dalam dua (2) jenis, yakni proses pengolahan dengan sistem terlekat pada media (*attached growth*). Salah satu unit pengolahan biologis yang umum digunakan dalam proses pengolahan biologis di rumah sakit adalah unit *Anaerobic Biofilter*.

ABF terdiri atas tangki kedap air yang mempunyai beberapa lapisan media yang terendam, yang menyediakan area permukaan untuk mengendap. Aliran air limbah biasanya melewati filter dari bawah ke atas (up-flow) yang akan bertemu dengan biomassa yang terlekat pada filter dan akan terjadi degradasi anaerobik. ABF menggunakan media dari bahan plastik sehingga mikroorganisme dapat menempel pada media dan membentuk *biofilm*. Pengoperasian ABF dengan pola aliran ke atas umumnya menghasilkan lebih banyak biomassa dalam suspensi dibandingkan dengan pola aliran ke bawah. (Morel dan Diener, 2006). Bentuk anaerobik biofilter dapat dilihat pada Gambar



Gambar 3. 1 Anaerobic Biofilter Dua Kompartemen

Sumber : Sasse (2009)

Anaerobic Filter dapat digunakan dalam pengolahan air limbah domestik maupun industri dengan jumlah TSS yang kecil. Dalam pengolahan tertentu, diperlukan *pre-treatment* berupa bak pengendap (tangki septik) untuk mencegah buntu (*clogging*). Menurut Sasse (2009), kelebihan dan kekurangan unit anaerobic biofilter adalah sebagai berikut:

Kelebihan:

- Sederhana dan cukup kuat apabila air limbah sudah diolah dengan tepat sebelumnya (*pre-treated*)
- Efisiensi tinggi
- Membutuhkan luas area yang relatif kecil karena dapat dibangun di bawah tanah
- Lumpur yang terbentuk sedikit

Kekurangan:

- Membutuhkan penggantian/ pembersihan media filter
- Resiko penyumbatan besar
- Menimbulkan bau karena berupa proses anaerobik

2.4.5.1 Kriteria Perencanaan

Berikut kriteria perencanaan yang digunakan untuk merencanakan unit Anaerobic Biofilter terdapat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Kriteria Perencanaan Anaerobic Biofilter

Parameter	Range	Satuan
Waktu tinggal (td)	24 - 48	jam
Rasio SS/COD	0,35 – 0,45	
<i>Organic Loading Rate</i>	< 4,5	kg/m ³ .hari
V _{up} dalam media	< 2	m/jam

Sumber : Sasse (2009)

Aturan-aturan praktis dalam perencanaan anaerobic biofilter menurut Sasse (2009) yaitu:

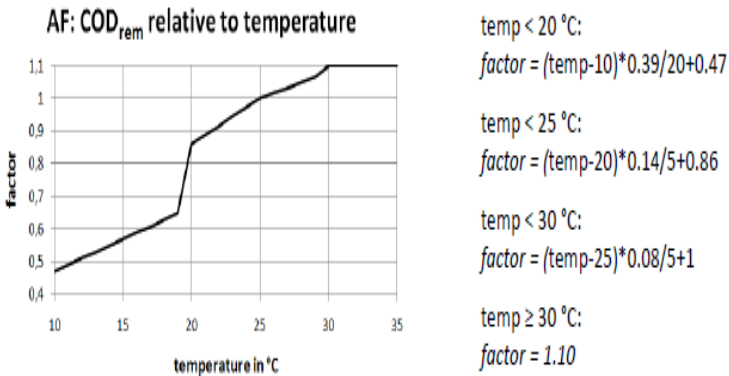
- SS/COD rasio **(0.35-0.45)**
- Hydraulic Retention Time (HRT) **(15-20 jam atau 24-48)**
- Permukaan Spesifik media filter **(biasanya 80-120 m²/m³)**
- Porositas media filter **(biasanya 30- 45%)**
- Diameter ukuran filter **(biasanya 80-140 mm)**
- Kecepatan up-flow (dalam rongga filter) **maksimal 2 m/jam**
- organik load **(<4 kg/m³/hari COD)**

2.4.5.2 Perhitungan

Menurut Sasse (2009) langkah-langkah perencanaan dari anaerobic biofilter adalah sebagai berikut:

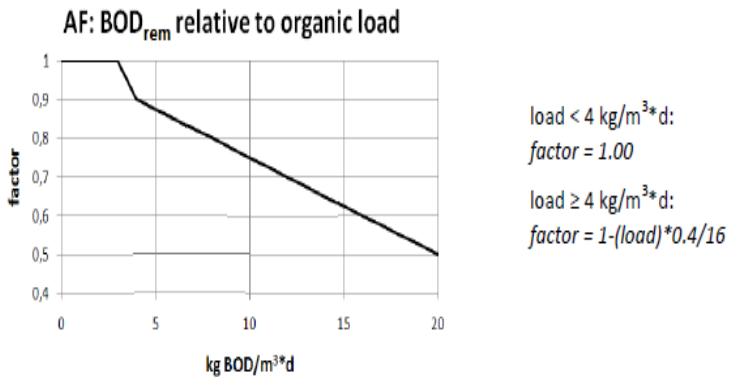
1. Menentukan debit air limbah yang akan diolah (m³/hari)
2. Menentukan waktu pengaliran air limbah (jam/hari)
3. Menentukan BODin dan CODin (mg/L) berdasarkan BOD dan COD yang keluar dari tangki septik
4. Menentukan SS/COD rasio (mg/L) berdasarkan hasil uji laboratorium atau asumsi
5. Menentukan *Lowest Temperature* (°C)
6. Menentukan permukaan spesifik medium filter (m²/m³)
7. Menentukan porositas media filter (%)
8. Memilih parameter:
Kedalaman Bak Filter
Panjang Bak Filter (**≤ kedalaman bak filter**)
Lebar Bak Filter (**≤ 3.5 per series**)
Jumlah Bak Filter **(1-3)**
9. Menghitung debit puncak per jam (m³/hari)

- $Q = Q_{ave} / \text{waktu pengaliran}$
10. Menghitung tinggi filter = kedalaman tangki filter – freeboard bawah – freeboard atas – kedalaman filter plate
11. Cek HRT = $[(\text{kedalaman bak filter} - \text{tinggi filter} \times (1 - \text{voids pada filter mass})) \times \text{panjang setiap bak} \times \text{lebar bak} \times \text{jumlah bak filter}] / Q$
12. Menghitung V_{up} pada media (m/jam)
 $V_{up} = Q / \text{jam} / [\text{lebar bak filter} \times \text{panjang tiap bak} \times \text{voids pada filter mass}]$
13. Menghitung volume bak (m³)
 $Vol = \text{panjang tiap bak} \times \text{lebar bak} \times \text{jumlah bak} \times \text{kedalaman bak filter} - \text{tinggi filter} \times (1 - \text{voids pada filter mass})$
14. Menghitung organik COD load pada ABF (kg/m³.hari)
 $\text{Organik COD load} = Q \times \text{COD in} / \text{volume bak} / 1000 \text{g/kg}$
15. Menentukan faktor temperature berdasarkan Gambar 2.6



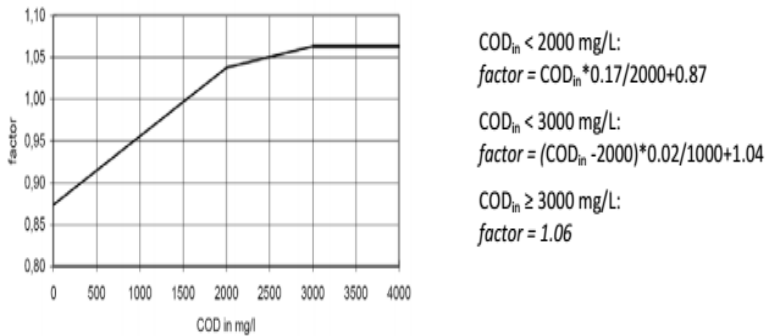
Gambar 2. 8 Grafik f-temperature

16. Menentukan faktor organik load berdasarkan grafik



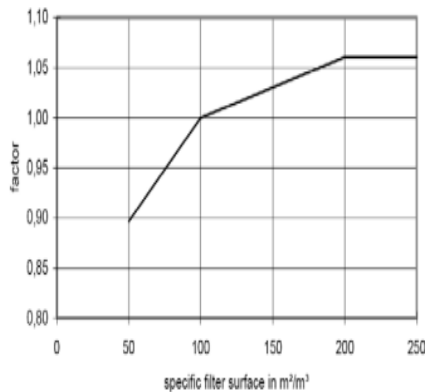
Gambar 2. 9 Grafik f-load

17. Menentukan faktor strength berdasarkan grafik



Gambar 2. 10 Grafik f-strength

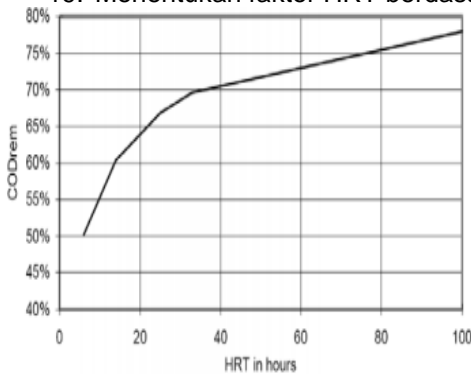
18. Menentukan faktor f-surface berdasarkan grafik



$\text{surface} < 100 \text{ m}^2/\text{m}^3$:
 $\text{factor} = (\text{surface}-50)*0.1/50+0.9$
 $\text{surface} < 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$:
 $\text{factor} = (\text{surface}-100)*0.06/100+1$
 $\text{surface} \geq 200 \text{ m}^2/\text{m}^3$:
 $\text{factor} = 1.06$

Gambar 2. 11 Grafik f-surface

19. Menentukan faktor HRT berdasarkan grafik



$\text{HRT} < 24\text{h}$:
 $\text{factor} = (\text{HRT}-12)*0.07/12+0.6$
 $\text{HRT} < 33\text{h}$:
 $\text{factor} = (\text{HRT}-24)*0.03/9+0.67$
 $\text{HRT} < 100\text{h}$:
 $\text{factor} = (\text{HRT}-33)*0.09/67+0.7$
 $\text{HRT} \geq 100\text{h}$:
 $\text{factor} = 0.78$

Gambar 2. 12 Grafik f-HRT

20. Menentukan faktor jumlah kompartemen (f-chamber)

$$\text{Faktor} = 1 + (\text{no} \cdot 0.04)$$

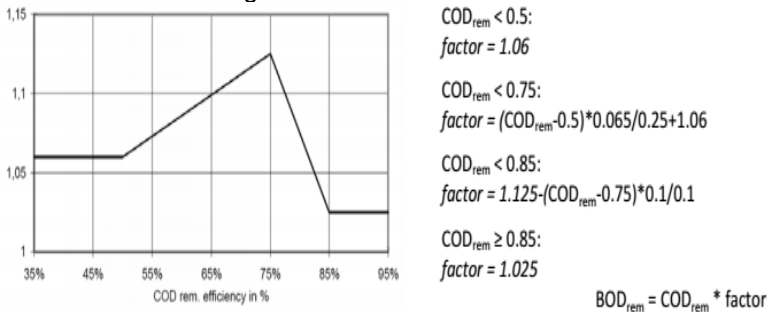
21. Menghitung %CODremoval (%)

$$\% \text{CODremoval} = f\text{-temperature} * f\text{-strength} * f\text{-surface} * f\text{-HRT} * f\text{ organic load} * f\text{-chamber}$$

22. Menghitung CODout (mg/L)

$$\text{CODout} = (1 - \% \text{CODremoval}) * \text{CODin (mg/L)}$$

23. Menghitung faktor efisiensi penyisihan BOD/COD berdasarkan grafik



Gambar 2. 13 Grafik f-BODrem/CODrem

24. Menghitung %BODremoval (%)

$$\% \text{BODremoval} = \% \text{CODremoval} \times f\text{-BODrem/CODrem}$$

25. Menghitung BODout (mg/L)

$$\text{BODout (mg/L)} = (1 - \% \text{BODremoval}) \times \text{BODin}$$

26. Menghitung produksi gas (dengan asumsi 70% biogas adalah CH₄ dan 50% terlarut) (m³/hari)

$$\text{Biogas} = [\text{CODin} - \text{CODout}] \times Q \times 0.35 / 1000 / 0.7 \times 0.5$$

2.5 Daur Ulang Air

Jika timbulnya limbah tidak dapat dihindarkan dalam suatu proses, maka harus dicari strategi-strategi untuk meminimumkan limbah tersebut sampai batas tertinggi yang mungkin dilakukan, seperti misalnya daur ulang (*recycle*) dan/atau penggunaan kembali (*reuse*). Jika limbah tidak dapat dicegah atau diminimumkan melalui penggunaan kembali atau daur ulang, strategi-strategi yang mengurangi volume atau kadar racunnya melalui pengolahan limbah dapat dilakukan (BLHD, 2013).

Pada perencanaan ini diharapkan efluen IPAL dapat digunakan kembali (*reuse*) untuk aktivitas dalam rumah sakit seperti menyiram tanaman dan *toilet flushing*. Menurut Sasse (2009) diharapkan kualitas BOD pada air yang digunakan untuk *toilet flushing* minimal 5 mg/L. Air Hasil daur ulang dapat

digunakan untuk menyiram toilet (flushing) dan mengairkan tanaman karena kedua aktivitas tersebut tidak membutuhkan air dengan kualitas I tetapi cukup dengan III (Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air) dan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IX/2010 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air.

2.5.1 Bak Filtrasi

Menurut (Al-Layla,1978) partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi tersebut.

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukuran nya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Akan tetapi, jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini.

Unit yang digunakan berupa filter carbon dengan aliran ke bawah/ down flow. Menurut Mehrabi (2016), untuk mengoptimasi penyisihan fosfat dapat digunakan bahan absorben yaitu Activated Carbon (GAC) karena efisiensi dapat mencapai 95,41%. Menurut (Wardhana,2013) dalam percobaan secara kontinyu, karbon aktif memiliki kemampuan dalam menyisihkan

kandungan fosfat dengan efisiensi terbesar 54,75%; kapasitas serap (qo) 0,677 mg/g; densitas 550 kg/m³; ukuran media 100-200 mesh; dan waktu breakthrough 1 hari.

2.5.2 Bak Desinfeksi

Desinfeksi adalah proses pengrusakan/penghancuran/pembinasaan mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses kompleks yang bergantung terhadap 1) sifat fisik-kimia disinfektan, 2) sifat kimia alam dan keadaan fisik patogen, 3) interaksi dari nomor (1) dan (2), dan 4) efek kuantitatif dari faktor-faktor media, seperti suhu, pH, elektrolit, dan zat yang bertentangan (Reynold,1996).

Menurut Al-Layla (1978), syarat disinfektan yang digunakan dalam disinfeksi adalah:

1. Dapat mematikan semua jenis organisme patogen.
2. Ekonomis dan dapat dilaksanakan dengan mudah.
3. Tidak menyebabkan air menjadi toksik dan berasa.
4. Dosis diperhitungkan agar terdapat residu untuk mengatasi adanya kontaminan mikroba.

Dalam proses disinfeksi, senyawa yang sering digunakan sebagai disinfektan adalah klor (Cl₂), ozon (O₃), klorin dioksida (ClO₂), dan sinar ultra violet. (Reynold, 1996).

Penentuan jumlah residu disinfektan penting untuk dihitung karena menentukan efektifitas dari dosen klorin yang ditambahkan dihitung dengan rumus:

$$\text{Dosis disinfektan} = (B \times C) / 1.000.000$$

Dimana:

B = dosis disinfektan yang dikehendaki (ppm)

C = jumlah air yang harus didesinfeksi per hari
(Liter)

2.5.3 Reservoir

Reservoir berfungsi menampung air sebelum didistribusikan. Reservoir terdiri dari ground reservoir dan elevated reservoir. Elevated reservoir memiliki biaya lebih murah, karena tidak memerlukan pompa untuk mendistribusikan air yang ditampung. Untuk menentukan jenis reservoir mana yang dipilih, terlebih dahulu ditentukan kapasitas reservoirnya.

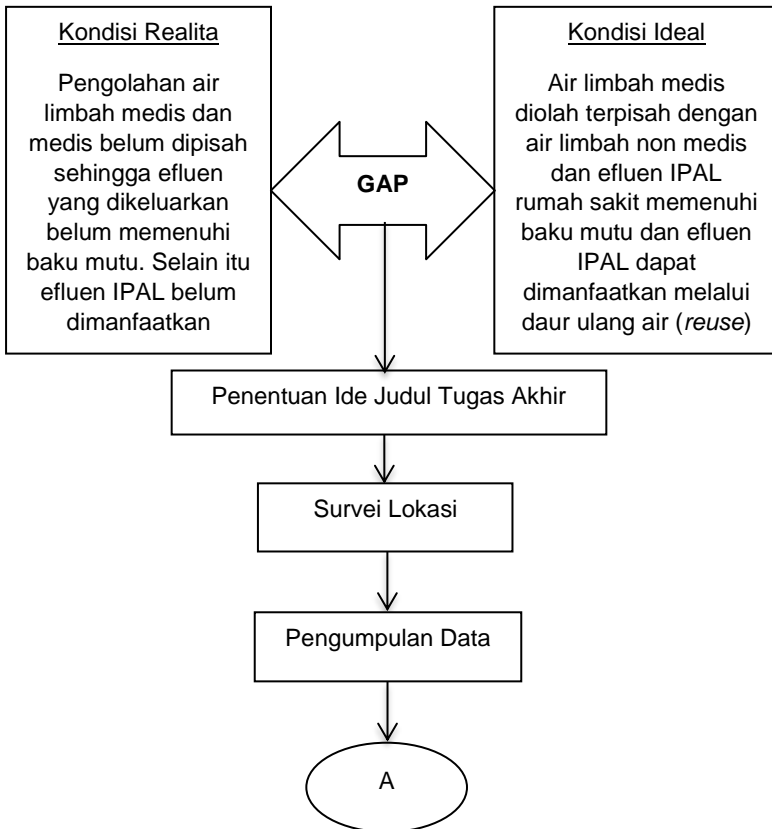
Baik ground maupun elevated reservoir, harus memiliki ventilasi atau pipa vent agar terjadi pertukaran udara di dalam reservoir. Selain itu, ventilasi dapat mengukur ketinggian muka air di dalam reservoir. Ventilasi ini harus terlindung dari hujan dan sinar matahari, agar kualitas air tetap terjaga.

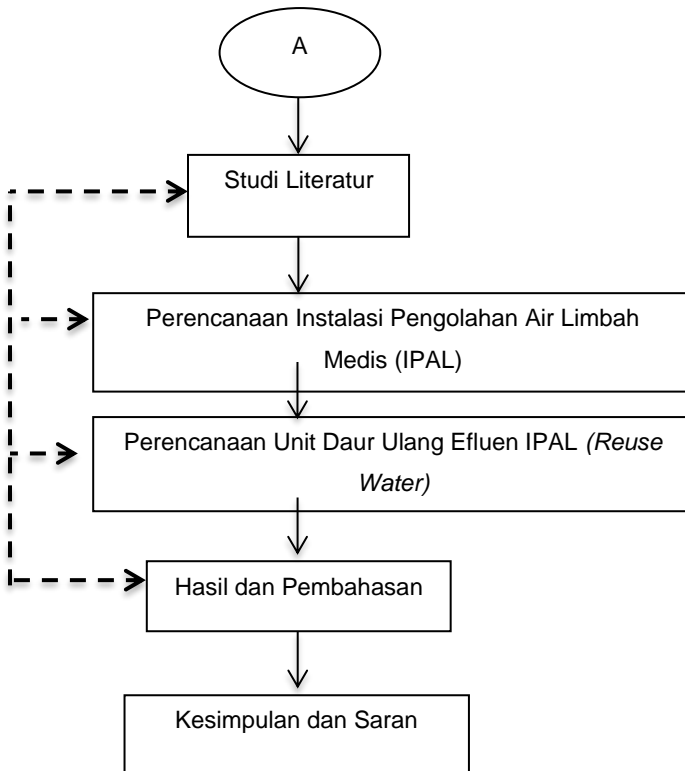
Untuk elevated reservoir yang memiliki tekanan yang cukup untuk mendistribusikan air, penggunaan pompa tidak diperlukan karena elevated reservoir pengalirannya dengan sistem gravitasi. Sedangkan untuk ground reservoir, tekanan untuk mengalirkan air tidak mencukupi sehingga diperlukan pompa untuk distribusi air.

BAB 3

METODOLOGI PERENCANAAN

Metodologi perencanaan ini terdiri dari semua tahapan pengerjaan perencanaan tugas akhir instalasi pengolahan air limbah medis dan perencanaan pengolahan effluen kembali di rumah sakit kelas C. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Perencanaan Tugas Akhir

Penjelasan diagram alir kerangka perencanaan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Judul Ide Tugas Akhir

Tahap penentuan judul ide tugas akhir merupakan hasil dari pengamatan kondisi yang sedang terjadi pada IPAL rumah sakit kelas C dan melakukan perbandingan dengan kondisi ideal dimana limbah yang dibuang harus memenuhi baku mutu. Hasil perbandingan tersebut menimbulkan sebuah gap yang dijadikan sebagai ide untuk

melakukan pembenahan dengan menjadikan permasalahan yang ada sebagai judul tugas akhir.

2. Survei Lokasi

Tahap survei lokasi adalah tahap pengamatan lokasi objek perencanaan yang memiliki permasalahan terkait sistem pengolahan air limbah medis. Objek perencanaan yang digunakan adalah rumah sakit kelas C dan dijelaskan lebih detail pada sub bab 2.

3. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data adalah tahap untuk mengumpulkan data primer maupun sekunder yang mendukung perencanaan pengolahan air limbah medis sebelum diolah oleh IPAL rumah sakit kelas C yang dijadikan sebagai objek. Data primer yang diperlukan antara lain:

- Gambaran umum sistem instalasi pengolahan air limbah rumah sakit kelas C.
- Sampel air limbah medis yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit kelas C.

Data sekunder yang diperlukan antara lain:

- Arsip uji laboratorium sampel air limbah sebelumnya.
- Baku mutu yang berlaku (PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan Kegiatan/Usaha Lainnya pada bagian Baku Mutu Air Limbah untuk Rumah Sakit).
- Baku mutu air bersih golongan III PERMENKES 492 Tahun 2010
- Data pengolahan limbah cair rumah sakit yang lain dan data-data penunjang lainnya.

4. Studi Literatur

Tahap studi literatur adalah tahap untuk menambah dan mendalami materi yang diperlukan dalam perencanaan pengolahan air limbah medis meliputi:

- Karakteristik limbah medis rumah sakit kelas C
- Alternatif unit pengolahan yang ideal

- Kriteria desain setiap unit IPAL medis yang digunakan beserta perhitungan desain
- Kriteria desain dari tiap unit daur ulang efluen IPAL yang digunakan beserta perhitungan desain
- Baku mutu yang berlaku
- Kaidah- kaidah menggambar teknik untuk DED (Detail Engineering Design) tiap unit yang digunakan

5. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Medis (IPAL) dan Daur Ulang Efluen IPAL

A. Identifikasi sumber limbah

Identifikasi buangan dilakukan berdasarkan hasil uji laboratorium yang diambil sampelnya dari lokasi sumber limbah tersebut. Selain itu dilakukan dengan mencari informasi dari literatur tentang proses kegiatan setiap rumah sakit sejenis.

B. Perencanaan instalasi pengolahan air limbah medis

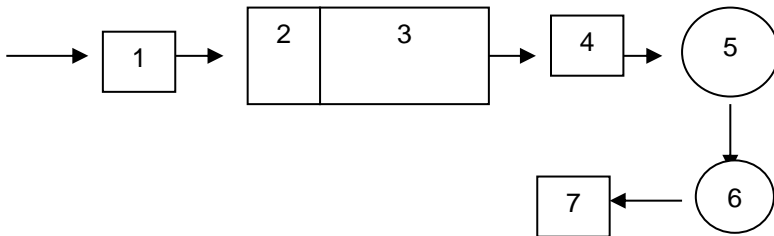
Pada perencanaan ini dilakukan pengolahan fisik-kimia terlebih dahulu jika jumlah logam berat dan asam yang terdapat pada karakteristik air limbah rumah sakit melebihi baku mutu. Lalu dilanjutkan dengan unit pengolahan biologis yang dipilih dari beberapa alternatif teknologi pengolahan biologis. Instalasi pengolahan limbah medis yang direncanakan yaitu grease trap, bak netralisasi, bak ekualisasi, bak pengendap awal berupa tangki septik, *Anaerobic Biofilter* sebagai unit pengolahan biologis. Lalu Efluen IPAL rumah sakit kelas C dapat dimanfaatkan melalui proses daur ulang efluen IPAL (*reuse water*) untuk menyiram tanaman dan flushing toilet sehingga unit-unit pengolahan yang akan direncanakan DED (*Detail Engineering Design*) yaitu :

- Bak Filter Karbon
Filtrasi menggunakan media karbon aktif untuk menyisihkan P
- Desinfeksi
Pada tahap ini perlu perhitungan dosis desinfeksi yang dibutuhkan untuk menghilangkan patogen sebelum *reuse water* yang keluar dari unit daur

ulang dapat dimanfaatkan kembali oleh pemrakarsa rumah sakit kelas C.

- Reservoir
Unit untuk menampung air hasil olahan yang akan digunakan kembali sebagai reuse water

Berikut ini merupakan diagram alir rencana IPAL medis rumah Sakit Kelas C



Gambar 3. 2 Diagram Alir

Keterangan:

1. Bak Ekualisasi
2. Bak Pengendap Awal (tangki septik terintegrasi)
3. Bak *Anaerobic Biofilter*, yaitu sistem pengolahan biologis yang menggunakan mikroorganisme terlekat (attached growth process) pada suatu media untuk keperluan removal bahan organik dalam air limbah
4. Bak Penampung
5. Bak Filter Karbon
6. Bak Desinfeksi
7. Reservoir

C. Perhitungan anggaran biaya IPAL

Biaya yang direncanakan meliputi biaya instalasi fisik dari perpipaan, bangunan pengolahan limbah medis dan bangunan pelengkap. Perhitungan anggaran biaya didasarkan pada daftar analisa Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2016.

6. Hasil dan Pembahasan

Tahap hasil dan pembahasan adalah tahap yang terdiri dari beberapa perhitungan yaitu kualitas air limbah IPAL rumah sakit kelas C, persentase removal unit IPAL medis berdasarkan kriteria desain, persentase removal unit daur ulang air berdasarkan kriteria desain, perencanaan perhitungan dimensi dari unit IPAL medis, perencanaan perhitungan dimensi dari unit daur ulang air, perhitungan rancangan anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan IPAL medis dan unit daur ulang air, dan pembuatan gambar DED (*Detail Engineering Design*).

7. Kesimpulan dan saran

Tahap kesimpulan dan saran adalah tahap untuk memaparkan hasil analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan dan diringkas dalam sebuah kesimpulan yang berisi hasil analisis dan saran atau rekomendasi.

BAB 4

HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Debit Air Limbah IPAL

Debit merupakan hal yang penting dalam merencanakan sebuah unit pengolahan air limbah. Debit air limbah yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu debit eksisting air limbah medis dari berbagai aktivitas medis rumah sakit yang bersifat toksik. Berdasarkan data pada rumah sakit kelas C, diketahui bahwa rumah sakit kelas C memiliki total debit sekitar 92000 liter/hari atau sekitar 92 m³/hari. Berdasarkan data penggunaan air bersih pada rumah sakit kelas C, sebesar 45% dipergunakan untuk keperluan medis. Nilai 45% berasal dari data salah satu rumah sakit kelas C yang dijadikan acuan untuk perhitungan debit air limbah medis berdasarkan jumlah debit air limbah medis yang dikumpulkan di sumpit rumah sakit. Perhitungan lebih rinci dari debit yang dikeluarkan dapat dilihat pada contoh perhitungan debit dibawah ini:

$$\begin{aligned}\text{Debit Rumah Sakit (medis dan non medis)} &= 92 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 92000 \text{ liter/hari} \\ \text{Debit air limbah medis} &= 45\% \text{ dari debit total rumah sakit} \\ \text{(Qaverage)} &= 45\% \times 92 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &\approx 42 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &\approx 1,75 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Debit Puncak} &= \text{diasumsikan } 2 \times \text{Qaverage} \\ \text{(Qpeak)} &= 2 \times 42 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 84 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

4.2 Karakteristik Air Limbah IPAL

Karakteristik air limbah yang digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah medis adalah air limbah bersifat toksik yang berasal dari aktivitas medis rumah sakit kelas C. Sampel diambil pada titik pengumpulan air limbah medis dan kemudian diuji di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. Hasil uji laboratorium sampel dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil Uji Laboratorium Karakteristik Air Limbah Medis IPAL Rumah Sakit Kelas C

Parameter	Satuan	Baku Mutu *)	Hasil Analisa
Temperatur	°C	30	25
pH	-	6-9	6,70
TSS	mg/L	30	116,00
COD	mg/L O ₂	80	181,00
BOD	mg/L O ₂	30	110,00
NH ₃ Bebas	mg/L NH ₃ -N	0,1	88,6
Pospat	mg/L PO ₄ -P	2	4,64
Total Koliform	MPN/100 mL	10000	280 x 10 ⁸

*) Keputusan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013

Sumber: Hasil Uji Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan ITS

Berdasarkan data pada hasil analisa karakteristik air limbah terlihat bahwa air limbah tersebut mempunyai nilai pH yang masih berada dalam kisaran pH optimum bagi bakteri, sehingga tidak mengganggu proses pengolahan. Limbah cair dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat biodegradabilitasnya. Limbah cair tergolong *biodegradable* bila nilai ratio BOD terhadap COD sekitar 0,65; tergolong sedikit *biodegradable* bila nilai ratio tersebut sekitar 0,32; dan tergolong kurang *biodegradable* bila nilai ratio BOD terhadap COD sekitar 0,16. Berdasarkan data pada Rumah Sakit Kelas C didapat angka perbandingan BOD/COD adalah 0,60 termasuk dalam kategori limbah cair yang *biodegradable*. Tingkat biodegradabilitas yang tinggi ini mengindikasikan bahwa pengolahan secara biologi memberikan berbagai keuntungan.

Selain karakteristik tersebut, terdapat logam-logam berat pada air limbah medis rumah sakit. Berikut ini merupakan data logam berat yang terdapat pada air limbah medis salah satu rumah sakit kelas C.

Tabel 4. 2 Kualitas Logam Pada Air Limbah Medis

Parameter	Satuan	Mutu*)	Hasil Analisa
Logam			
Iron (Fe)	mg/l	1	1.90
Copper (Cu)	mg/l	-	<0.03
Lead (Pb)	mg/l	0.05	<0.02
Cadnium (Cd)	mg/l	0.005	0.0004
Nickel (Ni)	mg/l	1	<0.05
Zinc (Zn)	mg/l	15	0.14
Manganese (Mn)	mg/l	0.5	0.20
Chrom Hexavalent	mg/l	0.05	<0.04

Sumber : Data salah satu rumah sakit kelas C (2015)

*)Baku mutu menggunakan PERMENKES No.492 Tahun 2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air.

Beberapa logam yang terdapat pada air limbah belum memenuhi baku mutu yaitu Iron (Fe) dan Copper (Cu). Adanya Iron (Fe) terlarut dalam air dapat membentuk kation ferro (Fe^{2+}) atau kation ferri (Fe^{3+}). Hal ini tergantung kondisi pH dan oksigen terlarut dalam air. Besi terlarut dalam berbentuk senyawa tersuspensi, sebagai butir koloidal seperti $\text{Fe}(\text{OH})_3$, FeO , Fe_2O_3 , dan lain-lain. Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas akan menyebabkan beberapa gangguan diantaranya endapan $\text{Fe}(\text{OH})$ yang bersifat korosif dapat mengendap pada saluran pipa dan menyebabkan buntu serta mengganggu aktivitas biologis dikarenakan adanya bakteri besi (*Crenothrix*, *Lepothrix*, *Galleanella*, *Sinderocapsa* dan *Sphoerothylus*) yang beraktivitas menggunakan oksigen sehingga bersaing dengan mikroorganisme yang mengolah air limbah pada unit biologis IPAL(Jusoh, 2005).

Kadar Copper (Cu) yang berlebih juga dapat mengganggu perkembangbiakan mikroorganisme yang bekerja pada proses biologis pada mikroorganisme(Sekarwati, 2015).

Keberadaan Iron (Fe), Nickel (Ni), Copper (Cu) dan *molybdenum* pada konsentrasi air limbah diperlukan untuk pertumbuhan bakteri metanogen pada anaerobik proses sebagai makronutrien. Peningkatan jejak logam juga menunjukkan peningkatan efisiensi penyisihan COD dalam proses anaerobik termasuk dalam *granular sludge reactors* dan proses *suspended growth*. Berikut ini merupakan rekomendasi dari rasio kandungan Fe, Ni, Cu, Cb yang ada dengan efisiensi penyisihan untuk degradasi anaerobik yaitu 0,20; 0,0063; 0,0017; dan 0,049 mg/L akan meningkatkan efisiensi sebesar 0,20; 0,0063; 0,017; dan 0,049 (Tchobanoglous, 2002).

Jumlah total dari logam yang dibutuhkan bervariasi pada setiap air limbah maka diperlukan percobaan terlebih dahulu untuk mengetahui tingkat efisiensi yang dapat dicapai pada proses anaerobik.

4.3 Perencanaan IPAL Medis dan Reuse Water

Perencanaan IPAL medis dan *Reuse Water* pada rumah sakit kelas C menggunakan lahan yang tersedia pada rumah sakit kelas C dan direncanakan untuk membuat unit pengolahan air limbah medis yang kemudian di daur ulang (*reuse*) dari hasil efluen IPAL tersebut dan digunakan kembali untuk menyiram tanaman dan *flushing toilet*.

Perencanaan ini direncanakan menggunakan pengolahan biologis secara anaerob sebagai penyisihan polutan organik (BOD, COD, dan TSS) dan unit filter dengan media arang aktif sebagai medianya untuk menyisihkan kandungan ammonia dan fosfat. Teknologi yang dipilih berbeda dari pedoman teknis karena merupakan bentuk modifikasi sehingga diharapkan efluen yang dihasilkan dapat memenuhi baku mutu dengan lebih baik dan memerlukan biaya konstruksi yang lebih rendah.

Berdasarkan karakteristik dan air limbah dan kebutuhan untuk peruntukan reuse water maka unit-unit pengolahan yang direncanakan yaitu:

a. Unit Pre-Treatment

Karakteristik air limbah medis mengandung logam-logam diantaranya Iron (Fe) sebesar 1,90 mg/L dan Copper (Cu)

sebesar 0,03 mg/L. Kandungan logam yang terkandung dalam air limbah dapat dikatakan sedikit. Selain itu menurut Tchobanoglous(2002), Keberadaan Iron (Fe), Nickel (Ni), Copper (Cu) dan *molybdenum* pada konsentrasi air limbah diperlukan untuk pertumbuhan bakteri metanogen pada anaerobik proses sebagai makronutrien. Sehingga belum diperlukan unit pre-treatment berupa fisik kimia. Kandungan logam masih mampu diterima oleh unit anaerobic dan kandungan logam tetap akan tersisihkan karena akan direncanakan unit karbon filter setelah unit anaerobik. Namun karena sumber limbah medis salah satunya adalah limbah laboratorium yang dapat bersifat asam maupun basa, maka dilakukan pre treatment berupa unit netralisasi. Selain itu juga direncanakan grease trap karena limbah dapat mengandung minyak atau surfaktan yang berasal dari kegiatan cuci mencuci saat operasi dan sebagainya.

b. Bak Ekualisasi

Air limbah yang masuk memiliki debit yang fluktuatif setiap jam. Unit bak ekualisasi direncanakan untuk menyamakan kuantitas debit air limbah yang masuk ke unit pengolahan, sehingga air limbah *influen* ke dalam tangki septik memiliki debit yang konstan. Pada bak ini tidak terjadi penyisihan pada kualitas air limbah.

c. Bak Pengendap Awal Biofilter (Tangki Septik terintegrasi)

Tangki septik direncanakan terintegrasi dengan ABF dan diletakkan menempel dengan unit ABF. Bak ini direncanakan sebagai unit pengendap awal dan mampu menyisihkan kandungan TSS, BOD, dan COD pada air limbah.

d. Bak Anaerobic Biofilter (ABF)

Bak ABF adalah unit pengolahan biologis dengan sistem attached growth, yaitu mikroorganisme yang digunakan dalam sistem pengolahan air limbah tumbuh pada media filter terlekat. Anaerobic Biofilter digunakan karena praktis, tahan lama, efisiensi pengolahan tinggi, membutuhkan lahan yang lebih kecil (Sasse,2009). Air limbah dialirkan ke bak anaerobic biofilter dengan arah aliran dari atas ke bawah. Di dalam bak ini akan diisi dengan media dari bahan plastic berbentuk sarang tawon. Jumlah bak anaerobic biofilter ini dapat dibuat lebih dari satu

sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik pada air limbah. Unit ini mampu menyisihkan kandungan TSS, BOD, dan COD pada air limbah.

e. Bak Filter Karbon

Karbon aktif dapat digunakan untuk menyerap kandungan logam dan kandungan organik. Metode yang digunakan adalah adsorpsi dengan media karbon aktif. Karbon aktif memiliki ruang pori sangat banyak dengan ukuran tertentu. Pori-pori ini dapat menangkap partikel-partikel sangat halus (molekul) terutama logam berat. Ion logam berat ditarik oleh karbon aktif dan melekat pada permukaannya. Karbon aktif memiliki jaringan porous (berlubang) yang sangat luas dan berubah-ubah bentuknya untuk menerima molekul pengotor baik besar maupun kecil. kurang tipus

Proses penyisihan logam berat dengan karbon aktif akan semakin efektif jika selain sebagai adsorben, karbon aktif juga secara simultan bertindak sebagai pemberat (weighing agent) demikian pula jika berbagai metode pengolahan digabung misalnya metode adsorpsi karbon aktif dengan metode konvensional (koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, klorinasi).

Berdasarkan penelitian Prabarini (2013), persentase penyisihan logam berat Fe dengan karbon aktif mampu menghilangkan hingga lebih dari 80% kandungan Fe.

Selain itu karbon aktif juga dapat menyisihkan ammonia dan fosfat. Berdasarkan penelitian Aryani (2010), media filter karbon dapat menurunkan kadar ammonia limbah cair rumah sakit dengan variasi ketebalan 45 cm, 55 cm, 65 cm, 75 cm, dan 85 cm, dimana ketebalan paling efektif adalah 85 cm dengan penurunan 97,96%. Menurut Mehrabi (2016), untuk mengoptimasi penyisihan fosfat dapat digunakan bahan adsorben yaitu Activated Carbon (GAC) karena efisiensi dapat mencapai 95,41%. Sehingga dilakukan perencanaan filter karbon aktif untuk menyisihkan parameter-parameter tersebut.

g. Bak Desinfeksi

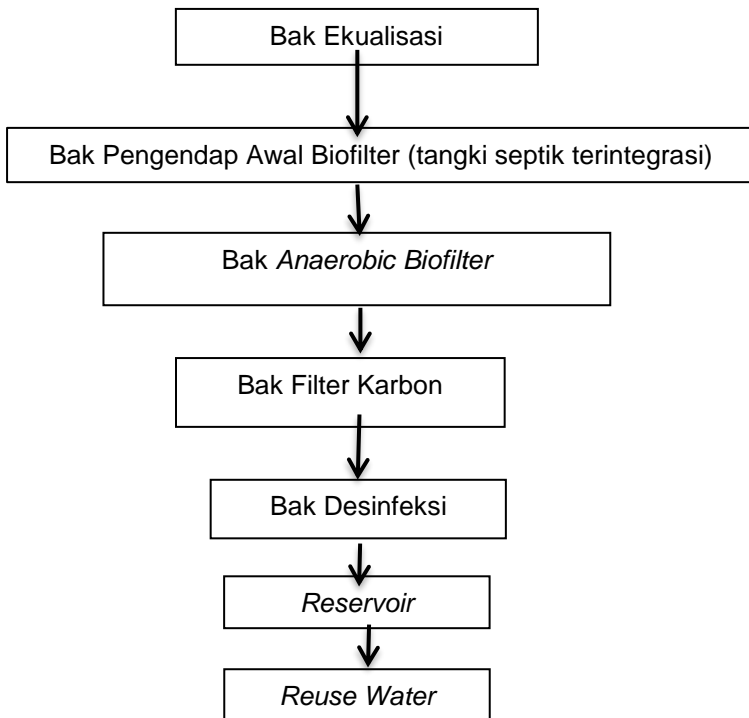
Air hasil olahan sebelum digunakan kembali perlu dilakukan disinfeksi untuk membunuh bakteri yang berada dalam

air hasil olahan tersebut. Sehingga akan direncanakan unit desinfeksi.

h. Bak Penampung (Reservoir)

Air yang telah melalui proses pengolahan akan digunakan kembali (*reuse effluent water*) menjadi sumber air untuk menyiram tanaman dan flushing toilet. Maka diperlukan perencanaan unit reservoir untuk menampung air hasil olahan sebelum digunakan oleh rumah sakit.

Perencanaan ini dapat disederhanakan dalam diagram alir pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram Alir

4.3.1 Perencanaan Grease Trap

Unit grease trap terdiri dari 1 kompartemen yang berfungsi untuk menyisihkan minyak dan lemak.

Direncanakan

Debit air limbah = 84 m³/hari

td = 30 menit

Rasio P:L = 2:1

kedalaman air = 1 m

Perhitungan

Volume Bak (V)

$$\begin{aligned} V &= td \times Q \\ &= 30 \text{ menit} \times 84 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{hari}/1440 \text{ menit} \\ &= 2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Luas Permukaan bak (A)

$$\begin{aligned} A &= V/h \\ &= 2 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} \\ &= 2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Panjang (P) dan Lebar (L) bak

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ 2 &= 2L^2 \\ L &= (2 \text{ m}^2 / 2)^{0,5} \\ &= 1 \\ P &= 2 \times L \\ &= 2 \times 1 \text{ m} \\ &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Cek td

$$td = (P \times L \times h) / Q$$

$$= 35 \text{ menit}$$

(memenuhi)

4.3.2 Perencanaan Unit Netralisasi

Bak netralisasi, atau tangki netralisasi, digunakan untuk mencampurkan air limbah dengan pembubuh asam dan basa agar mencapai pH netral yang dikehendaki. Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan kebutuhan bak netralisasi dan bak pembubuh.

Direncanakan:

- Waktu detensi (td) = 5 menit
- Bentuk bak = *circular*
- Kecepatan putaran (n) = 100 rpm
- Viskositas, 28°C (μ) = $0,8363 \times 10^{-3}$ N detik/m²
- Gradien kecepatan (G) = 300/detik
- Mixer low shear hydrofoil 2 blade (KT) = 0,6
- Densitas air, 28°C (ρ) = 996,26 kg/m³

Perhitungan:

- Volume bak (V) = $Q \times t_d$
 $= (84 \text{ m}^3/\text{hari} / 600) \times 5 \text{ menit}$
 $= 0,7 \text{ m}^3$
- Kedalaman bak = 50 cm
- Luas permukaan (A) = V / H
 $= 0,7 \text{ m}^3 / 0,5 \text{ m}$
 $= 1,4 \text{ m}^2$
- Diameter bak (D) = $((4 \times A) / 3,14)^{0,5}$
 $= ((4 \times 1,4 \text{ m}^2) / 3,14)^{0,5}$
 $= 1,34 \text{ m}$
 $= 1 \text{ m (dipilih)}$
- Volume = $(1/4 \times 3,14 \times D^2) \times H$
 $= (1/4 \times 3,14 \times 1^2) \times 0,5$
 $= 0,4 \text{ m}^3$
- Cek kedalaman (H)
 $A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$
 $= 1/4 \times 3,14 \times (1)^2 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 &= 0,78 \text{ m}^2 \\
 H &= V / A \\
 &= 0,4 \text{ m}^3 / 0,78 \text{ m}^2 \\
 &= 0,51 \text{ m} \\
 &= 51 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Pengadukan bak netralisasi

Daya untuk pengadukan menggunakan persamaan $P = G^2 \times \mu \times V$

Dimana: P = Daya, N-m/det, Watt

G = Gradien kecepatan

μ = viskositas, (N det/m²)

V = volume bangunan, (m³)

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 P &= (300/\text{detik})^2 \times 0,8363 \times 10^{-3} \text{ Ndet/m}^2 \times 0,89 \text{ m}^3 \\
 &= 67 \text{ N-m/det} \\
 &= 67 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D \text{ impeller} &= (P/KT n^3 \rho)^{1/5} \\
 &= (67 \text{ N-m/det} / (0,6 (1,667^3 \text{ rps}) 996,26 \text{ kg/m}^3))^{1/5} \\
 &= 0,47 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Cek rasio diameter impeler dengan diameter bak

$$\begin{aligned}
 D/Te &= 0,47 \text{ m} / 1,5 \text{ m} \\
 &= 0,31
 \end{aligned}$$

Cek bilangan Reynolds (NRE)

Besar bilangan Reynolds didapatkan melalui persamaan

$$\begin{aligned}
 N_{RE} &= (n \times D^2 \times \rho) / \mu \\
 N_{RE} &= (1,667 \text{ rps} \times 0,47^2 \times 996,26 \text{ kg/m}^3) / 0,8363 \times 10^{-3} \text{ Ndetik/m}^2 \\
 &= 438674,018
 \end{aligned}$$

Nilai NRE melebihi 10000 sehingga aliran air memenuhi kategori turbulen.

- Pembubuhan, menggunakan NaOH yang dilarutkan untuk digunakan dalam fase cair, dalam bak pembubuh.

Dosis pembubuhan:

Pendekatan saat limbah asam

Diketahui:

Volume limbah = 42 m³
 pH air limbah = 1
 Pendekatan untuk air limbah = HCl
 Dosis yang dibutuhkan

$$\frac{M_2 \cdot V_2}{V_3} = \frac{M_3 \cdot V_3}{V_3}$$

$$\frac{1 \times 10^{-3} \times 42}{V_3} = \frac{1 \text{ M} \times V_3}{V_3}$$

$$V_3 = 0,042 \text{ m}^3$$

$$= 40 \text{ L}$$

Dosis yang dibutuhkan ialah 40 L NaOH 1 M atau sebanyak 1600 gram atau 1,6 kg

Pendekatan saat limbah basa
 pH air limbah = 1
 Dosis yang dibutuhkan

$$\frac{M_2 \cdot V_2}{V_3} = \frac{M_3 \cdot V_3}{V_3}$$

$$\frac{12 \times 10^{-3} \times 42}{V_3} = \frac{1 \text{ M} \times V_3}{V_3}$$

$$V_3 = 0,50 \text{ m}^3$$

$$= 500 \text{ L}$$

Dimensi bak:

Diketahui:

Jumlah bak = 1 buah
 Debit (Q) = 42 m³/hari
 Tangki berbentuk tabung
 Kedalaman (H) = 0,5 m
 Luas permukaan (A) = Volume larutan / H

$$= 0,04 \text{ m}^3 / 0,5 \text{ m}$$

$$= 0,08 \text{ m}^2$$
 Diameter bak = $[(4 \times 0,08 \text{ m}^2) / 3,14]^{0,5}$

$$= 0,32 \text{ m}$$
 Diameter yang digunakan ialah 0,5 m

4.3.3 Perencanaan Bak Ekualisasi

Dalam perencanaan ini pertama-tama direncanakan sumur pengumpul yang berupa bak ekualisasi dan diikuti dengan pompa. Berikut ini perhitungan volume bak ekualisasi yang dibutuhkan untuk proses pengolahan.

Direncanakan:

Debit masuk (Q_{in})	=	84	$m^3/hari$
Jumlah Bak	=	1	buah
Waktu detensi (t_d)	=	4-8	jam
Kedalaman (h)	=	3	m
rasio panjang : lebar	=	1 : 1	

Perhitungan:

Persentase pengaliran	=	$Q_{peak} / 24 \text{ jam}$
air per jam	=	$84 \text{ m}^3/hari / 24 \text{ jam}$
	=	3.5 m^3/jam

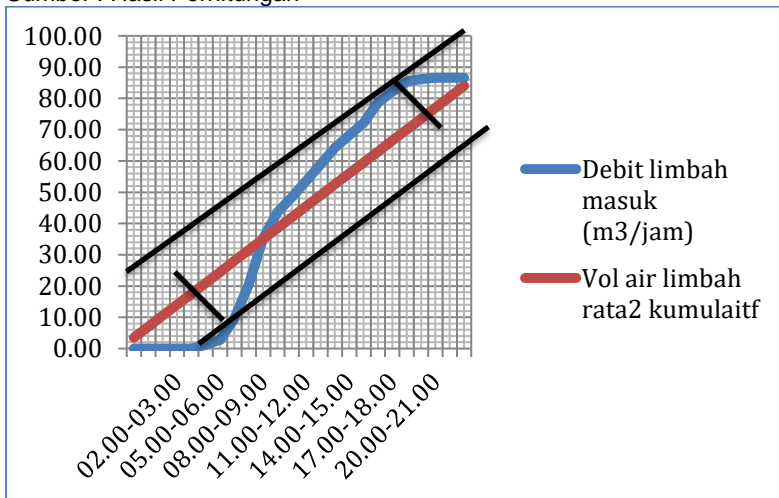
Perhitungan Volume Bak Ekualisasi dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Data Fluktuasi Debit Air Limbah Rumah Sakit

Jam	Debit limbah masuk (m^3/jam)	Vol air limbah kumulati tiap jam (m^3)	Vol air limbah rata2 tiap jam (m^3)	Vol air limbah rata2 kumulatif (m^3)
00.00-01.00	0.40	0.40	3.5	3.5
01.00-02.00	0.40	0.80	3.5	7
02.00-03.00	0.40	1.2	3.5	10.5
03.00-04.00	0.40	1.6	3.5	14
04.00-05.00	0.40	2.0	3.5	17.5
05.00-06.00	1.20	3.2	3.5	21
06.00-07.00	1.60	4.8	3.5	24.5
07.00-08.00	6.80	11.6	3.5	28
08.00-09.00	10.80	22.4	3.5	31.5
09.00-10.00	14.80	37.2	3.5	35
10.00-11.00	8.40	45.6	3.5	38.5
11.00-12.00	4.80	50.4	3.5	42
12.00-13.00	5.20	55.6	3.5	45.5

13.00-14.00	5.40	61.0	3.5	49
14.00-15.00	5.20	66.2	3.5	52.5
15.00-16.00	4.00	70.2	3.5	56
16.00-17.00	4.00	74.2	3.5	59.5
17.00-18.00	6.40	80.6	3.5	63
18.00-19.00	3.60	84.2	3.5	66.5
19.00-20.00	3.20	87.4	3.5	70
20.00-21.00	0.80	88.2	3.5	73.5
21.00-22.00	0.40	88.6	3.5	77
22.00-23.00	0.40	89.0	3.5	80.5
23.00-24.00	0.40	89.4	3.5	84
Rata-rata	3.73			84
				3.5

Sumber : Hasil Perhitungan



Dari data yang diplotkan pada grafik maka diperoleh

Volume Bak Ekualisasi = 20-(-7) m3

= 27.0 m3

$$\begin{aligned}
\text{Kedalaman} &= 3 && \text{m} \\
\text{Volume Bak Ekualisasi} &= A \times h \\
27.0 &= A \times 3\text{m} \\
A &= 9.0 && \text{m}^2 \\
\text{Rasio P : L} &= 1 : 1 \\
P &= L/2 \\
A &= L/2 \\
9.0 &= L/2 \\
L &= 3.0 && \text{m} \\
P &= 3.0 && \text{m} \\
\text{Freeboard} &= 0.5 && \text{m} \\
\text{Kedalaman Total} &= (\text{H Bak ekualisasi} + \text{Freeboard}) \\
&= 3 \text{ m} + 0.5 \text{ m} \\
&= 3.5 && \text{m} \\
\text{Cek td} &= \text{volume} / Q \\
&= 0.32 && \text{hari} \\
&= 7.7 && \text{jam (td 4- 8 jam)} \\
\text{Luas Lahan Bak} &= (\text{panjang} + 2 \times \text{freeboard}) \times \\
\text{Ekualisasi} &= (\text{lebar} + 2 \times \text{freeboard}) \\
&= (3 \text{ m} + 0.5\text{m} + 0.5\text{m}) \times (3 + 0.5 + 0.5) \\
&= 16 && \text{m}^2
\end{aligned}$$

Pompa berfungsi dalam menaikkan muka air dalam unit bak ekualisasi. Untuk itu agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik, pompa harus direncanakan dengan baik. Pada perencanaan ini, pompa yang digunakan adalah jenis pompa submersible. Berikut ini merupakan perhitungan pompa :

Dimensi Pipa Influen dan Effluen Bak Ekualisasi

Direncanakan

kecepatan air di pipa

$$(v) = 0.5 \quad \text{m/s}$$

debit air limbah (Q)

$$Q = 84 \quad \text{m}^3/\text{hari}$$

perhitungan:

luas penampang basah (A)

$$\begin{aligned}
 A &= Q/v \\
 &= 84 \text{ m}^3/\text{hari} / 0.5 \text{ m/s} \times \text{hari}/86400\text{s} \\
 &= 0.00194 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

diameter pipa (D)

$$\begin{aligned}
 A &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\
 0.00194 &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\
 D &= 0.0497 \text{ m} \\
 &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(inner diameter)

Dipilih jenis pipa dengan diameter 100 mm (ukuran pipa 3")

$$\begin{aligned}
 A &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\
 &= 1/4 \times 3.14 \times 0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \\
 &= 0.00196 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek } v &= Q/A \\
 &= 84 \text{ m}^3/\text{hari} / 0.00196 \text{ m}^2 \\
 &= 0.49 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Head Pompa

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ Mayor} &= H_f \text{ Discharge} \\
 H_f &= ((Q/(0.00155 \times C \times (D^{2.63})))^{1.85}) \times L \\
 &= ((0.5/(0.00155 \times 120 \times (0.05^{2.63})))^{1.85}) \times 1 \\
 &= 0.072 \text{ m} \\
 h_f \text{ minor} &= H_{f\text{belokan } 90^\circ} + H_f \text{ Tee} + (v^2/2g) \\
 &= (0.5 + 0.9 + 1) \times (1 \text{ m/s})^2 / 2 \times 9.81 \\
 &= 0.122 \text{ m} \\
 \text{Head Pompa} &= H \text{ statik} + h_f \text{ mayor} + h_f \text{ minor} + k \times (v^2/2g) \\
 &= 3 + 0.072 + 0.122 + ((2^2)/(2 \times 9.8)) \\
 &= 3.39 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan dibutuhkan pompa dengan head 3.39 m.

Sehingga jenis pompa yang digunakan adalah pompa submersible air limbah dengan kode SEG.A15.20.R1.2.1.603-98682359 dari produsen pompa *Grundfoss*.

4.3.4 Perencanaan Bak Pengendap Awal Biofilter

Salah satu pengolahan biologis yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah adalah *Anaerobic Biofilter*. Kriteria desain yang digunakan adalah unit Anaerobic Filter yang diintegrasikan dengan bak pengendap awal berbentuk tangki septik.

Berdasarkan kriteria desain yang telah ditetapkan dalam buku DEWATS, maka dimensi dari bak pengendap rangkaian unit anaerobik biofilter (tangki septik) dapat dihitung sebagai berikut:

Direncanakan:

Debit = 42 m³/hari

TSS_{in} = 116 mg/L = 4.87 kg/hari

BOD_{in} = 110 mg/L = 4.62 kg/hari

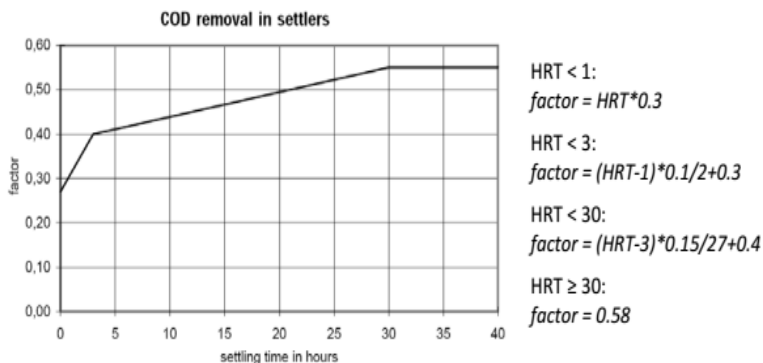
COD_{in} = 181 mg/L = 7.60 kg/hari

HRT = 2 jam

Q/jam = Q/waktu pengaliran
= 42 m³/hari / 24 jam/hari
= 1.75 m³/jam

COD/BOD = COD_{in} / BOD_{in}
= 181 mg/L / 110 mg/L
= 1.65

Menentukan faktor penyisihan COD dengan HRT berdasarkan Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Grafik Faktor HRT

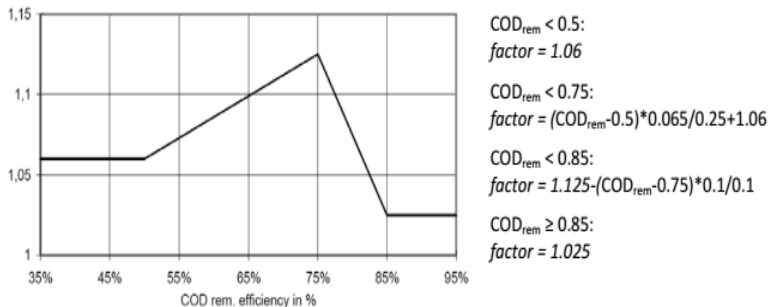
Sumber : Sasse (2009)

$$\begin{aligned}\text{Faktor HRT} &= (\text{HRT}-1)*0.1/2+0.3 \\ &= (2-1)*0.1/2+0.3 \\ &= 0.35\end{aligned}$$

$$\text{Rasio SS/COD} = 0.4 \text{ (0.35-0.45)}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ COD removal} &= \text{rasio SS/COD} / 0.6 * \text{faktor COD/HRT} \\ &= 0.4 / 0.6 * 0.35 \\ &= 23\%\end{aligned}$$

Menentukan faktor penyisihan rasio BOD/COD untuk mengetahui %BOD removal berdasarkan Gambar 4.3



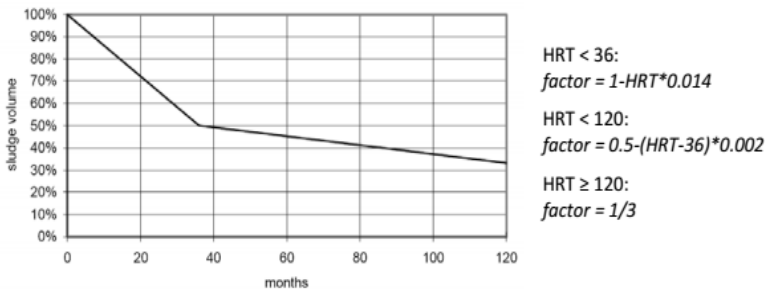
Gambar 4. 3 Grafik Rasio BODrem/CODrem

Sumber : Sasse (2009)

$$\text{Faktor BODrem/CODrem} = 1.06$$

$$\begin{aligned}\% \text{BOD removal} &= \% \text{CODrem} * \text{faktor BODrem/CODrem} \\ &= 23\% * 1.06 \\ &= 25\%\end{aligned}$$

Menentukan faktor reduksi volume lumpur berdasarkan gambar 4.4



Gambar 4. 4 Grafik Faktor Reduksi Lumpur

Sumber : Sasse (2009)

$$\begin{aligned} \text{Faktor reduksi lumpur} &= 1 - HRT \cdot 0.014 \\ &= 1 - 2 \text{ jam} \cdot 0.014 \\ &= 0.972 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akumulasi lumpur} &= 0.005 \times (1 - \text{waktu pengurasan} \times 0.0014) \\ &= 0.005 \times (1 - 12 \text{ bulan} \times 0.0014) \\ &= 0.00416 \text{ L/g BOD rem} \end{aligned}$$

Direncanakan:

Jumlah Kompartemen = 2 buah
 Lebar dalam = 3 m
 H air di inlet = 2.5 m
 Lebar sekat = 0.5 m

Bak pengendap diintegrasikan dengan ABF maka kedalaman dan lebar bak disesuaikan dengan dimensi ABF yaitu diasumsikan kedalaman 2.5 m dan lebar 3.5 m, sehingga dapat dihitung dimensi dari tangki septik yaitu

$$\begin{aligned} \text{Panjang Kompartemen 1} &= \frac{2}{3} \times V \text{ tangki septik} / \text{Lebar tangki septik} / H \text{ air di inlet} \\ &= \frac{2}{3} \times 7 \text{ m}^3 / 3.5 \text{ m} / 2.5 \text{ m} \\ &= 0.53 \text{ m} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Kompartemen 2} &= \text{panjang tangki septik pertama} / 2 \text{ kompartemen} \\ &= 1 \text{ m} / 2 \\ &= 0.5 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi Bak Pengendap Awal Biofilter

Kompartemen 1

$$\begin{aligned}\text{Panjang 1 (P}_{\text{komp1}}\text{)} &= 1 && \text{m} \\ \text{Lebar bak (L}_{\text{bak}}\text{)} &= 3.5 && \text{m} \\ \text{Tinggi air minimum di inlet (H}_{\text{air}}\text{)} &= 2.5 && \text{m} \\ \text{Free Board (F}_b\text{)} &= 0.5 && \text{m} \\ \text{Tinggi Bak (H}_{\text{bak}}\text{)} &= H_{\text{air}} + F_b \\ &= 2.5 + 0,5 \\ &= 3 && \text{m} \\ \text{Luas Permukaan Bak (A}_{s1}\text{)} &= P_{\text{komp1}} \times L_{\text{bak}} \\ &= 1 \times 3.5 \\ &= 3.5 && \text{m}^2 \\ \text{Volume Kompartemen 1 (V}_{\text{komp1}}\text{)} &= A_{s1} \times H_{\text{bak}} \\ &= 3.5 \times 3 \\ &= 10.5 && \text{m}^3\end{aligned}$$

Kompartemen 2

$$\begin{aligned}\text{Panjang 2 (P}_{\text{komp2}}\text{)} &= 0.50 && \text{m} \\ \text{Lebar bak (L}_{\text{bak}}\text{)} &= 3.5 && \text{m} \\ \text{Tinggi air minimum di inlet (H}_{\text{air}}\text{)} &= 2.5 && \text{m} \\ \text{Free Board (F}_b\text{)} &= 0.3 && \text{m} \\ \text{Tinggi Bak (H}_{\text{bak}}\text{)} &= H_{\text{air}} + F_b \\ &= 2.5 + 0,5 \\ &= 3 && \text{m} \\ \text{Luas Permukaan Bak (A}_{s2}\text{)} &= P_{\text{komp1}} \times L_{\text{bak}} \\ &= 0.5 \times 3.5 \\ &= 1.75 && \text{m}^2 \\ \text{Volume Kompartemen 2 (V}_{\text{komp2}}\text{)} &= A_{s1} \times H_{\text{bak}} \\ &= 1.75 \times 3 \\ &= 5.25 && \text{m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Organic Loading Rate (OLR)} &= (Q_{\text{in}} \times [\text{COD}_{\text{in}}]) / V_{\text{komp}} \\ &= (42 \times 181) / (V_{\text{komp1}} + V_{\text{komp2}}) \\ &= 482.67 \\ &= 0.482 \quad \text{kg/m}^3.\text{hari} < 4.5\end{aligned}$$

Pengurasan Lumpur

Produksi lumpur dari penyisihan BOD (m^3/m^3),
= laju akumulasi lumpur x BOD tersisihkan
= $0.00416 \text{ L/g BOD rem} \times (110-82.5) \text{ mg/L}$
= $0.00416 \text{ L/g BOD rem} \times 27.5 \text{ mg/L} / 1000 \text{ L/m}^3$
= $1.14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^3$

Volume lumpur (m^3),
= produksi lumpur x waktu pengurasan x 30 x Q + (HRT x Q per jam)
= $1.14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^3 \times 24 \text{ bulan} \times 30 \text{ hari} \times 42 \text{ m}^3/\text{hari} + (2 \text{ jam} \times 1.75 \text{ m}^3/\text{jam})$
= 7 m^3

Volume Tangki Septik = 10.5 m^3

Volume ruang lumpur yang direncanakan,

Vol ruang lumpur = $1/3 \times 10.5 \text{ m}^3 = 3.5 \text{ m}^3$

Debit lumpur = $1.14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^3 \times 42 \text{ m}^3/\text{hari}$
= $4.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{hari}$

waktu pengurasan direncanakan 6 bulan.

Penyisihan TSS

Penyisihan Total Suspended Solid berhubungan dengan waktu tinggal atau HRT, dimana menurut Tchobanoglous, *et al*, (2002) penyisihan TSS dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\%R = \frac{\theta_H}{a + b \theta_H}$$

Dimana: a,b = koefisien
a = 0.0075
b = 0.014
 θ_H = waktu detensi, HRT = 2 jam
%R = persentase penyisihan

Maka persentase penyisihan TSS di bak pengendap awal biofilter (tangki septik) adalah 56,3 %.

Dimensi Pipa Influen Bak Pengendap Biofilter (tangki septik)

$$\begin{aligned}(v) &= 1 \quad \text{m/s} \\ \text{debit air limbah (Q)} & \\ Q &= 42 \quad \text{m}^3/\text{hari} \\ \text{Pipa} &= \text{Pipa jenis PVC Tipe AW} \\ &\quad (\text{aplikasi air limbah dengan} \\ &\quad \text{tekanan tinggi})\end{aligned}$$

perhitungan:

luas penampang basah (A)

$$\begin{aligned}A &= Q/v \\ &= 42 \text{ m}^3/\text{hari} / 1 \text{ m/s} \times \\ &= \text{hari}/86400 \text{ s} \\ &= 0.000486111 \quad \text{m}^2\end{aligned}$$

diameter pipa (D)

$$\begin{aligned}A &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\ 0.000486111 &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\ D &= 0.024884731 \quad \text{m} \\ &= 24.88 \quad \text{mm} \\ &\quad (\text{inner diameter})\end{aligned}$$

(dipilih jenis pipa diameter 100 mm)

$$\begin{aligned}A &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\ &= 1/4 \times 3.14 \times 0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \\ &= 0.00053066 \quad \text{m}^2 \\ \text{cek } v &= Q/A \\ &= 0.916050034 \quad \text{m/s (OK)}\end{aligned}$$

Kesetimbangan Massa

TSS

$$\begin{aligned}Q_{in} &= 42 \quad \text{m}^3/\text{hr} \\ \% \text{removal} &= 56.3\% \\ TSS_{in} &= 116 \quad \text{mg/L} \\ TSS_{removed} &= TSS_{in} \times \% \text{removal} \\ &= 116 \text{ mg/L} \times 56.3\% \\ &= 65.31 \quad \text{mg/L}\end{aligned}$$

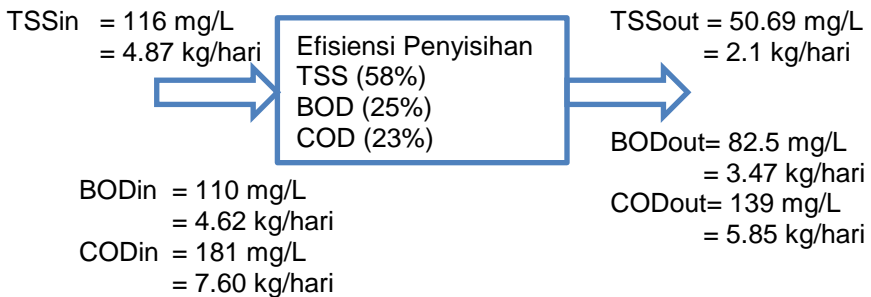
$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{out}} &= \text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{removed}} \\
 &= 116 \text{ mg/L} - 65.31 \text{ mg/L} \\
 &= 50.69 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

BOD

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{in}} &= 42 \text{ m}^3/\text{hr} \\
 \% \text{removal} &= 25\% \\
 \text{BOD}_{\text{in}} &= 110 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD}_{\text{removed}} &= \text{BOD}_{\text{in}} \times \% \text{removal} \\
 &= 110 \text{ mg/L} \times 25\% \\
 &= 27.50 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD}_{\text{out}} &= \text{BOD}_{\text{in}} - \text{BOD}_{\text{removed}} \\
 &= 110 \text{ mg/L} - 27.5 \text{ mg/L} \\
 &= 82.5 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

COD

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{in}} &= 42 \text{ m}^3/\text{hr} \\
 \% \text{removal} &= 23\% \\
 \text{COD}_{\text{in}} &= 181 \text{ mg/L} \\
 \text{COD}_{\text{removed}} &= \text{COD}_{\text{in}} \times \% \text{removal} \\
 &= 181 \text{ mg/L} \times 23\% \\
 &= 41.63 \text{ mg/L} \\
 \text{COD}_{\text{out}} &= \text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{removed}} \\
 &= 181 \text{ mg/L} - 41.63 \text{ mg/L} \\
 &= 139 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$



4.3.5 Perencanaan Anaerobic Biofilter

Bak Anaerobic Biofilter merupakan unit biologis setelah bak pengendap awal biofilter dan disusun secara seri. Berdasarkan kriteria desain Sasse (2009), maka berikut adalah perencanaan unit *anaerobic biofilter*.

Direncanakan :

Debit = 42 m³/hari = 1.75 m³/jam

TSS_{in} = 48.7 mg/L = 2.05 kg/hari

BOD_{in} = 82.5 mg/L = 3.47 kg/hari

COD_{in} = 139 mg/L = 5.85 kg/hari

Temperatur = 25°

Media Biofilter yang digunakan adalah media sarang tawon yang berbentuk lembaran PVC

Permukaan spesifik media filter = 200 m²/m³

Porositas = 0.98

Kedalaman Bak Filter = 2.5 m (**1.5 m – 2.5 m**)

Panjang Bak Filter = 2.5 m

Lebar Bak Filter = 3.5 m

Jumlah Bak Filter = 2 (**1 – 3**)

Dihitung:

Tinggi filter = kedalaman tangki filter – freeboard bawah – freeboard atas – kedalaman filter plate
= 2.5 m – 0.6 m – 0.4 m – 0.05 m
= 1.45

HRT didalam ABF = [(kedalaman bak filter – tinggi filter x (1- voids pada filter mass)) x panjang setiap bak x lebar bak x jumlah bak filter] / Q
= [(2.5 m – 1.45 m x (1 – 0.98)) x 2.5m x 3.5m x 2 bak] / 1.75 m³/jam
= 24,71 jam (**HRT = 24-48 jam , OK**)

Vup pada media(m/jam)

= Q/jam / [lebar bak filter x panjang tiap bak x voids pada filter mass]

= 1.75 m³/jam / [1.25 m x 2.5 m x 98%]

= 0.20 m/jam (**Kecepatan ABF < 2 m/jam , OK**)

Volume Bak = panjang tiap bak x lebar bak x jumlah bak x kedalaman bak filter – tinggi filter x (1- voids pada filter mass)

$$= 2.5 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} \times 2 \text{ bak} \times 2.5 \text{ m} - 1.45 \text{ m} \times (1 - 0.98) \\ = 44 \text{ m}^3$$

Organik COD load pada ABF ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$)

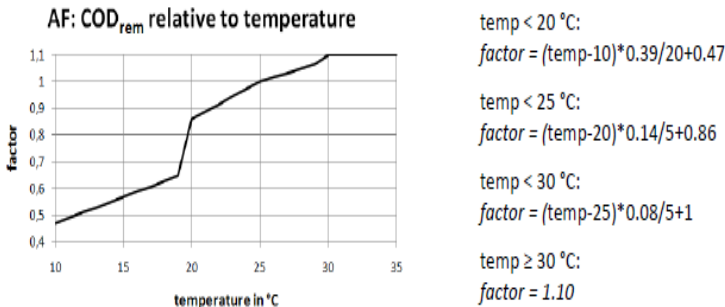
$$= Q \times \text{COD in} / \text{volume bak} / 1000 \text{g/kg}$$

$$= 42 \text{ m}^3/\text{hari} \times 139 \text{ mg/L} / 44 \text{ m}^3 / 1000 \text{g/kg}$$

$$= 0.22 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (Organik Load } < 4 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \text{hari , OK)}$$

Faktor Temperatur

Diasumsikan temperature 25° maka penentuan faktor dapat dilihat pada Gambar 4.5



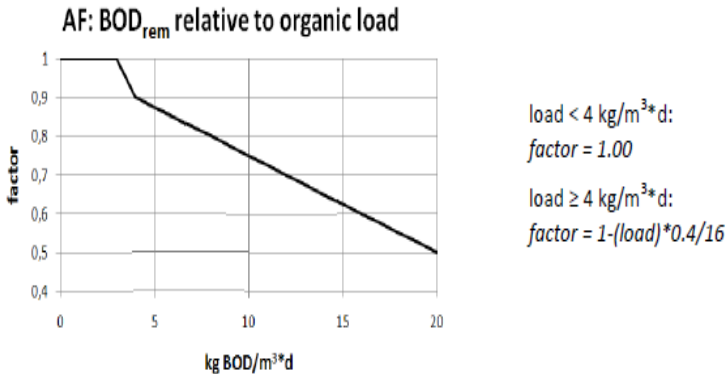
Gambar 4. 5 Grafik f-temperature

Sumber : Sasse (2009)

Berdasarkan grafik diatas yaitu pada temperature 25° maka faktor yang didapatkan yaitu 1.

Faktor Organik Load

Faktor Organik Load dapat dilihat dari Gambar 4.7



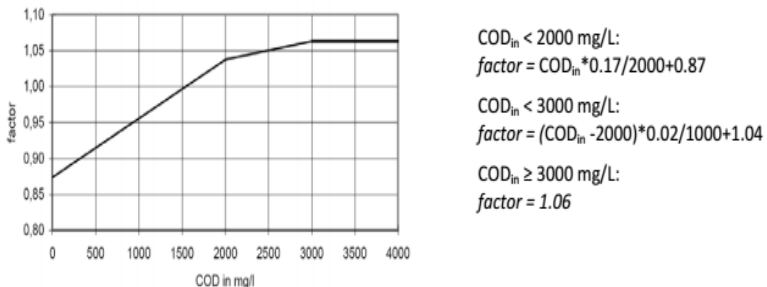
Gambar 4. 6 Grafik f-load

Sumber : Sasse (2009)

Pada perhitungan didapatkan organik load sebesar 0.22 kg/m³.hari, maka dari grafik faktor organik loading untuk load < 4 kg/m³.hari , faktor = 1.

Faktor COD Strength

Faktor COD Strength dapat dilihat pada Gambar 4.7



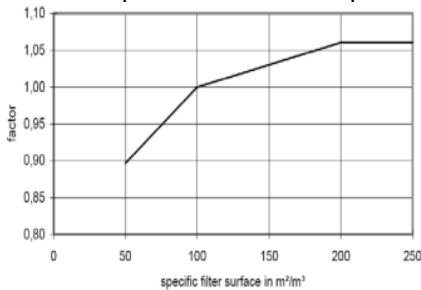
Gambar 4. 7 Grafik f-strength

Sumber : Sasse (2009)

Pada perencanaan ini COD_{in} sebesar 121.27 mg/L maka faktor COD strength yang digunakan untuk COD_{in} <2000 mg/L,
Faktor Strength = COD_{in} x 0.17 / 2000 + 0.87
= 121.27 mg/L x 0.17 / 2000 + 0.87
= 0.88

Faktor Luas Permukaan Filter

Faktor luas permukaan filter dapat dilihat dari Gambar 4.9



surface < 100 m²/m³:
 $factor = (surface - 50) * 0.1 / 50 + 0.9$

surface < 200 m²/m³:
 $factor = (surface - 100) * 0.06 / 100 + 1$

surface ≥ 200 m²/m³:
 $factor = 1.06$

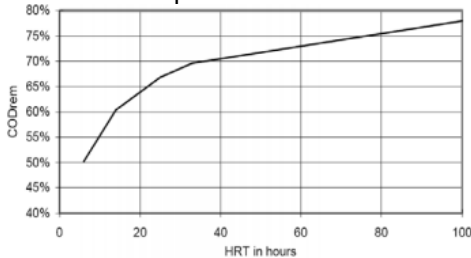
Gambar 4. 8 Grafik f-surface

Sumber : Sasse (2009)

Pada perencanaan ini digunakan media sarang tawon dengan material PVC yang memiliki luas spesifik 150-220 m²/m³. Direncanakan luas permukaan filter spesifik pada Anaerobic Biofilter sebesar 200 m²/m³, maka faktor luas permukaan spesifik filter yang digunakan adalah 1.06.

Faktor HRT

Faktor HRT dapat dilihat dari Gambar 4.10



HRT < 24h:
 $factor = (HRT - 12) * 0.07 / 12 + 0.6$

HRT < 33h:
 $factor = (HRT - 24) * 0.03 / 9 + 0.67$

HRT < 100h:
 $factor = (HRT - 33) * 0.09 / 67 + 0.7$

HRT ≥ 100h:
 $factor = 0.78$

Gambar 4. 9 Grafik f-HRT

Sumber : Sasse (2009)

Pada perencanaan Anaerobic Filter, HRT yang digunakan berada dalam rentang 15-20 (Sasse,2009). Diasumsikan pada perencanaan ini menggunakan HRT 24 jam, maka faktor HRT yang digunakan untuk HRT < 33 jam ,

$$\begin{aligned}\text{Faktor HRT} &= (HRT - 24) \times 0.03 / 9 + 0.67 \\ &= (24 - 24) \times 0.03 / 9 + 0.67\end{aligned}$$

$$= 0.67$$

Direncanakan menggunakan 2 kompartemen, maka

$$\text{Faktor Chamber} = 1 + (\text{no} \times 0.04)$$

$$= 1 + (2 \times 0.04)$$

$$= 1.08$$

COD removal (%) = faktor temperature x faktor COD strength x faktor luas permukaan x faktor HRT x faktor organik load x faktor chamber

$$= 1 \times 0.88 \times 1.06 \times 0.67 \times 1 \times 1.08$$

$$= 0.65$$

$$= 68\%$$

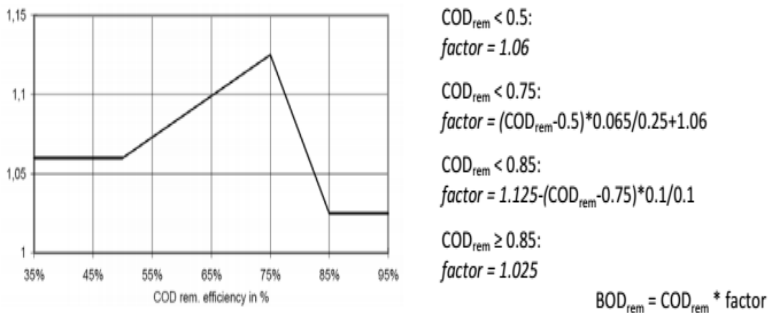
$$\text{COD out} = (1 - \text{CODremoval}) \times \text{COD in}$$

$$= (1 - 0.68) \times 139 \text{ mg/L}$$

$$= 45 \text{ mg/L}$$

Faktor Efisiensi BODrem/CODrem

Faktor efisiensi penyisihan BOD dan COD dapat dilihat dari Gambar 4.10



Gambar 4. 10 Grafik f-BODrem/CODrem

Sumber : Sasse (2009)

Pada perhitungan telah didapatkan COD removal sebesar 0.68, maka berdasarkan grafik dengan $\text{COD}_{\text{rem}} < 0.75$ dapat dihitung faktor efisiensi rasio BODrem/CODrem sebagai berikut:

$$\text{Faktor BODrem/CODrem} = (\text{CODrem} - 0.5) \times 0.065 / 0.25 + 1.06$$

$$= (0.68 - 0.5) \times 0.065 / 0.25 + 1.06$$

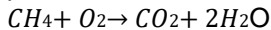
$$= 1.12$$

maka,

$$\begin{aligned}
 \text{BODremoval} &= \text{CODrem} \times \text{faktor BODrem/CODrem} \\
 &= 0.68 \times 1.12 \\
 &= 84.5\% \\
 \text{BOD out} &= (1 - \text{BOD removal}) \times \text{BOD in} \\
 &= (1 - 0.845) \times 82.5 \text{ mg/L} \\
 &= 5.77 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Produksi Biogas

Tchobanoglous (2002) menjelaskan bahwa berdasarkan persamaan reaksi kimia:



Jumlah COD per mol methan ialah,

$$- 2(32 \text{ g O}_2 / \text{mol}) = 64 \text{ g O}_2 / \text{mol CH}_4$$

Volume methan pada kondisi standar ialah 22,414 L. Maka, jumlah CH₄ yang diproduksi dan ekuivalen dengan COD di bawah kondisi anaerobik ialah,

$$- 22,414 \text{ L} / 64 = 0,35 \text{ L CH}_4/\text{g COD}.$$

Produksi Gas Tangki Septik

$$\begin{aligned}
 &= [\text{CODin} - \text{CODout}] \times Q \times 0.35/1000 / 0.7 \times 0.5 \\
 &= [181 - 139] \text{ mg/L} \times 42 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.35/1000 / 0.7 \times 0.5 \\
 &= 0.44 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Produksi Gas Anaerobik Biofilter

$$\begin{aligned}
 &= [\text{CODin} - \text{CODout}] \times Q \times 0.35/1000 / 0.7 \times 0.5 \\
 &= [139 - 45] \text{ mg/L} \times 42 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.35/1000 / 0.7 \times 0.5 \\
 &= 0.987 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 1 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan 70% CH₄, dan 50% terlarut (menjadi lumpur)

Produksi Biogas Total

$$\begin{aligned}
 &= \text{Produksi biogas tangki septik} + \text{produksi biogas ABF} \\
 &= 0.44 \text{ m}^3/\text{hari} + 1 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 1.44 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Produksi Biogas

$$\text{Total gas} = 1.44 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Diketahui bahwa 70% dari total produksi biogas merupakan CH₄ dengan 50% terlarut (menjadi lumpur) dan 50% tidak terlarut., maka produksi CH₄ adalah:

$$\begin{aligned}\text{CH}_4 \text{ total} &= 70\% \times 1.44 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1.008 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{CH}_4 \text{ tidak terlarut} &= 50\% \times 1.008 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0.5 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Produksi Lumpur (Bak Anaerob)

$$\text{Synthesis yield in anaerob (Y)} = 0,06 \text{ g VSS/g COD}$$

$$\text{Massa COD tersisihkan} = 5,83 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa COD}_{\text{VSS}} &= 1,42 \times Y \times \text{Massa COD tersisihkan} \\ &= 1,42 \times 0,06 \text{ gVSS/gCOD} \times 5,83 \text{ kg/hari} \\ &= 0,49 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa COD}_{\text{TSS}} &= \text{Massa COD}_{\text{VSS}} / 0,85 \\ &= 0,49 \text{ kg/hari} / 0,85 \\ &= 0,57 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\text{Spesific gravity (Sg)} = 1,025$$

$$\rho_{\text{air}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{solid} = 5\%$$

$$\begin{aligned}\text{Debit lumpur} &= \text{Massa COD}_{\text{TSS}} / (\text{Sg} \times \rho_{\text{air}} \times 5\%) \\ &= 0,57 \text{ kg/hari} / (1,025 \times 1000 \times 5\%) \\ &= 0,011 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Waktu pengurasan direncanakan setiap 6 bulan secara berkala. Saat waktu pengurasan, lumpur akan disedot dengan truk sedot lumpur melalui manhole. Kemudian diambil dan dimasukkan ke dalam Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja untuk diolah.

Dimensi Anaerobic Biofilter

$$\text{Panjang} = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi media filter (H}_{\text{filter}}\text{)} = H_{\text{air}} - L_{\text{cb}} - 0.4 - 0.05$$

$$= 2.5 - 0.6 - 0.4 - 0.05$$

$$= 1.45 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Bak (H}_{\text{bak}}\text{)} = H_{\text{air}} + F_b$$

$$= 2.5 + 0.3$$

$$= 2.8 \text{ m}$$

$$\text{Luas Permukaan Bak (A}_{\text{st}}\text{)} = P_{\text{komp}} \times L_{\text{bak}}$$

$$= 2.5 \times 1.25$$

$$= 8.75 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume media filter (V}_{\text{mf}}\text{)} = A_s \times H_{\text{filter}}$$

$$= 8.75 \times 1.45$$

$$= 12.68 \text{ m}^3$$

Penyisihan TSS

Penyisihan Total Suspended Solid berhubungan dengan waktu tinggal atau HRT, dimana menurut Tchobanoglous, *et al*, (2002) penyisihan TSS dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\%R = \frac{\theta_H}{a + b \theta_H}$$

Dimana: a,b = koefisien

$$a = 0.0075$$

$$b = 0.014$$

$$\theta_H = \text{waktu detensi, HRT} = 24 \text{ jam}$$

$$\%R = \text{persentase penyisihan}$$

Maka persentase penyisihan TSS di anaerobic biofilter (tangki septik) adalah 69.9 %.

Kebutuhan Nutrien

Kebutuhan nutrien dapat dilihat dari kandungan N dan P dalam air limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit. Perhitungan kebutuhan nutrien dilakukan agar dapat diketahui apakah konsentrasi nutrient yang terdapat pada air limbah berada dalam konsentrasi berlebih, kurang atau sudah sesuai kebutuhan dalam melakukan proses pengolahan limbah secara biologis. Menurut Ammary (2004), Dalam pengolahan air limbah biasanya disebutkan bahwa rasio perbandingan C:N:P pada air limbah yang akan diolah adalah 100:5:1 untuk pengolahan aerobik dan 250:5:1 untuk pengolahan anaerobik. Berikut ini adalah perhitungan kebutuhan nutrien dalam pengolahan biologis menggunakan anaerobic biofilter:

Direncanakan:

Q ave	=	42.00	m ³ /hari	
	=	1.75	m ³ /jam	
	=	0.0005	m ³ /s	
OLR	=	< 4,5	kg BOD/m ³ .hari	
Rasio	=	0.9		(0,8 - 0,9)
MLVSS/MLSS				
MLSS		1000	mg/L	(1000 - 3000 mg/L)
Y	=	0.6		(0,4 - 0,8)
Kd	=	0.08	vss/g vss.hari	(0,06 - 0,2)
SRT	=	25	hari	(10 - 30 hari)
So	=	82.5	mg/L	
Se	=	5.77	mg/L	
S So	=	50.69	mg/L	
S Se	=	15.26	mg/L	
Yobs	=	Y/(1+Kd.SRT)		

$$\begin{aligned}
 &= 0,6 / (1+0,08 \times 25) \\
 &= 0.20 \\
 \text{Px bio (Px MLVSS)} &= Y_{\text{obs}} \times Q_{\text{Ave}} \times (S_0 - S_e) \\
 &= [0,23 \times (42000 \text{ L/hari}) \times (82.5 \text{ mg/L} - 5.7 \text{ mg/L})] / 10^6 \\
 &= 0.64 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{Volume bangunan} &= 44 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Cek OLR} &= (Q_{\text{ave}} \times [\text{BOD}_{\text{in}}]) / V_{\text{bangunan}} \\
 &= [(42000 \text{ L/hari} \times 82.5 \text{ mg/L}) / 44 \text{ m}^3] / 10^6 \\
 &= 0.079 \quad \text{kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
 \text{TSS Removed} &= (S_0 - S_e) \times Q_{\text{ave}} \\
 &= [(50.69 \text{ mg/L} - 15.26 \text{ mg/L}) \times 42000 \text{ L/hari}] / 10^6 \\
 &= 1.5 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{Px TSS (Px MLSS)} &= (X_{\text{TSS}} \times V_{\text{bangunan}}) / \text{SRT} \\
 &= [(1000 \text{ mg/L} \times 42000 \text{ L}) / 25 \text{ hari}] / 10^6 \\
 &= 1.76 \quad \text{kg/hari} \\
 \text{Px SS} &= \text{Px TSS} + \text{TSS removed} \\
 (\text{sludge dibuang}) &= 1.76 \text{ kg/hari} + 1.5 \text{ kg/hari} \\
 &= 3.2 \quad \text{kg/hari} \\
 \textbf{Kontrol F/M} & \\
 \text{MLVSS} &= \text{Rasio MLVSS/MLSS} \times \text{MLSS} \\
 &= [(0,9 \times 1000 \text{ mg/L}) / 1000] \\
 &= 0.9 \quad \text{kg/m}^3 \\
 \text{Cek F/M} &= (Q_{\text{ave}} \times S_0 [\text{BOD}]) / (V_{\text{bangunan}} \times \text{MLVSS}) \\
 &= [42 \text{ m}^3/\text{hari} \times (82.5/1000) \text{ kg/m}^3] / (44 \text{ m}^3 \times 0.9 \text{ kg/m}^3) \\
 &= 0.0875 \quad \text{kg BOD} / \text{kg MLVSS} \cdot \text{hari} \quad \textbf{(0.04-0.1)}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Nutrien

Nitrogen = Mr C₅H₇O₂N
= 13

Kebutuhan N = ((Ar N/Mr C₅H₇O₂N) x Px bio)
= 12% x 0,64 kg/hari
= 0.077 kg/hari

N input = Q ave x [No]
= 42 m³/hari x (88.6 / 1000) kg/m³
= 3.72 kg/hari

Sisa N = N input [No] - kebutuhan N
= 3,72 kg/hari - 0,077 kg/hari
= 3.644 kg/hari

Konsentrasi N eff = Sisa N / Q ave
= (3,644 kg/hari / 42 m³/hari) x 1000
= 86.8 mg/L

Phospat

C:N:P = 250:05:01

Kebutuhan P = 1/5 x 12% x Px bio
= 1/5 x 12% x 0,64 kg/hari
= 0.015 kg/hari

Sisa P = [Po] x Q ave - kebutuhan P
= [(4.64 / 1000) kg/m³ x 42 m³/hari] - 0,015 kg/hari
= 0.179 kg/hari

Konsentrasi P eff = Sisa P / Q ave
= 0,179 kg/hari / 42 m³/hari
= 0.004271696 kg/m³
= 4.27 mg/L

Perhitungan Headloss

$$(v) = 1 \quad \text{m/s}$$

debit air limbah (Q)

$$Q = 42 \quad \text{m}^3/\text{hari}$$

perhitungan:

luas penampang basah (A)

$$\begin{aligned} A &= Q/v \\ &= 42 \text{ m}^3/\text{hari} / 1 \text{ m/s} \times \text{hari}/86400\text{s} \\ &= 0.000486111 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

diameter pipa (D)

$$\begin{aligned} A &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\ 0.000486111 &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\ D &= 0.024884731 \quad \text{m} \\ &= 24.88 \quad \text{mm} \\ &\quad (\text{inner diameter}) \\ &\quad (\text{dipilih jenis pipa diameter } 100 \text{ mm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\ &= 1/4 \times 3.14 \times 0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \\ &= 0.00196 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{cek } v &= Q/A \\ &= 0.916050034 \quad \text{m/s (OK)} \end{aligned}$$

Perhitungan

headloss:

$$\begin{aligned} \text{b. } h_f \text{ celah vup} &= k \cdot (v^2) / 2g \cdot \text{jumlah ruang} \\ &= 4 \cdot (1.1/3600)^2 / 2 \cdot 9.81 \cdot 2 \\ &= 1.142 \times 10^{-7} \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } H_f \text{ media} &= 0.0000089 \cdot v \cdot D \cdot \text{jumlah ruang} \\ &= 0.0000089 \cdot (1.1/3600) \cdot ((1.5 \cdot 1000) \cdot 2) \cdot 2 \\ &= 2.41 \times 10^{-15} \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\text{d. } H_f \text{ total} = 1.256 \times 10^{-7} \quad \text{m}$$

Kesetimbangan Massa

TSS

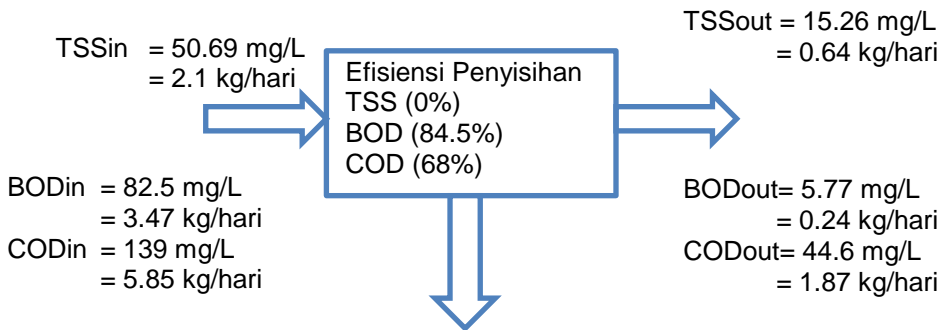
Q_{in}	=	42	m^3/hr
%removal	=	69.9%	
TSS_{in}	=	50.69	mg/L
$TSS_{removed}$	=	$TSS_{in} \times \%removal$	
	=	$50.69 \text{ mg/L} \times 69.9\%$	
	=	35.43	mg/L
TSS_{out}	=	$TSS_{in} - TSS_{removed}$	
	=	$50.69 \text{ mg/L} - 35.43 \text{ mg/L}$	
	=	15.26	mg/L

BOD

Q_{in}	=	42	m^3/hr
%removal	=	84.5%	
BOD_{in}	=	82.5	mg/L
$BOD_{removed}$	=	$BOD_{in} \times \%removal$	
	=	$82.5 \text{ mg/L} \times 84.5\%$	
	=	76.73	mg/L
BOD_{out}	=	$BOD_{in} - BOD_{removed}$	
	=	$82.5 \text{ mg/L} - 76.73 \text{ mg/L}$	
	=	5.77	mg/L

COD

Q_{in}	=	42	m^3/hr
%removal	=	68%	
COD_{in}	=	139	mg/L
$COD_{removed}$	=	$COD_{in} \times \%removal$	
	=	$139 \text{ mg/L} \times 68\%$	
	=	94.77	mg/L
COD_{out}	=	$COD_{in} - COD_{removed}$	
	=	$139 \text{ mg/L} - 94.77 \text{ mg/L}$	
	=	44.6	mg/L



Untuk Parameter TSS, COD, dan BOD sudah memenuhi baku mutu PERGUB JATIM no 72 Tahun 2013. Diperlukan pengolahan untuk menyisihkan $\text{NH}_3\text{-N}$ dan $\text{PO}_4\text{-P}$ agar seluruh parameter memenuhi standar baku mutu air bersih yang akan digunakan kembali (reuse effluent water) yang akan digunakan untuk *watering plants dan flushing toilet*. Pengolahan yang dilakukan berikutnya menggunakan Filter Karbon, Desinfeksi dan Reservoir.

4.3.6 Perencanaan Filter Karbon

Pada perencanaan ini digunakan unit filtrasi. Unit yang digunakan berupa filter karbon dengan aliran ke bawah/ down flow. Menurut Mehrabi (2016), untuk mengoptimasi penyisihan fosfat dapat digunakan bahan absorben yaitu Activated Carbon (GAC) karena efisiensi dapat mencapai 95,41%. Menurut (Wardhana, 2013) dalam percobaan secara kontinyu, karbon aktif memiliki kemampuan dalam menyisihkan kandungan fosfat dengan efisiensi terbesar 54,75%; kapasitas serap (q_0) 0,677 mg/g; densitas 550 kg/m³; ukuran media 100-200 mesh; dan waktu breakthrough 1 hari. Maka berikut ini perhitungan desain unit filter karbon:

Direncanakan

$$\text{PO}_4\text{-P} = 4.27 \text{ mg/L}$$

qo	=	0.6777	mg/g
densitas arang	=	550	kg/m ³
Q	=	42	m ³ /hari
%efisiensi	=	54.75%	
T	=	1	hari

Perhitungan

P tersisih	=	%removal x P in
	=	54.75 % x 4.27 mg/L
	=	2.338 mg/L
Pout	=	Pin - P tersisih
	=	4.27 mg/L - 2.33 mg/L
	=	1.932 mg/L
	=	(1.93 mg/L x 1000 x 42 m ³ /hari)
beban yang harus di sisihkan	=	81151.35 mg/hari
	=	81151.35 mg/hari / (qo x 1000)
beban yang harus di sisihkan	=	81151.35 mg/hari / (0.6777 mg/g x 1000)
	=	119.745 kg/hari
volume	=	119.745 kg/hari / densitas arang aktif
	=	119.745 kg/hari / 550 kg/m ³
	=	0.21771862 m ³ /hari
M absorbat	=	P tersisih x 1000 x 42 m ³ /hari / qo
	=	2.338 mg/L x 1000 x 42 m ³ /hari / 0.6777 mg/g
	=	144885.1262 mg/hari
	=	144.8851262 kg/hari
	=	144.88 kg/hari / 550 kg/m ³ x 1 hari
V arang aktif dibutuhkan/hari	=	0.263427502 m ³ /hari

direncanakan dimensi filter seperti berikut:

panjang	=	0.4	m
lebar	=	0.4	m
tinggi	=	0.6	m
volume	=	0.096	m ³

jumlah bak per	=	0.263 m ³ /hari / 0.096 m ³
hari	=	2.74403648 / hari
	=	3 bak

direncanakan penjemuran selama 2 hari maka	
jumlah filter	= 3 bak x 2 hari
	= 6 bak

Dimensi Pipa Influen dan Effluen Carbon Filter **Direncanakan**

kecepatan air di pipa

(v)	=	1	m/s
-----	---	---	-----

debit air limbah (Q)

Q	=	42	m ³ /hari
---	---	----	----------------------

Pipa	=	Pipa jenis PVC Tipe AW
		(aplikasi air limbah dengan tekanan tinggi)

perhitungan:

luas penampang basah (A)

A	=	Q/v
		42 m ³ /hari / 1m/s x
		hari/86400s
		= 0.000486111 m ²

diameter pipa (D)

A	=	1/4 x 3.14 x D x D
0.000486111	=	1/4 x 3.14 x D x D
D	=	0.024884731 m
	=	24.88 mm
		(inner diameter)

(dipilih jenis pipa diameter 50 mm)

$$\begin{aligned}
 A &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 0.05 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} \\
 &= 0.002 \quad \text{m}^2
 \end{aligned}$$

4.3.7 Perencanaan Desinfeksi

Penentuan jumlah residu desinfektan penting untuk dihitung karena menentukan efektifitas dari desinfeksi. Bentuk desinfeksi yang dipakai pada desinfeksi ini adalah gas klor (Cl_2).

direncanakan

$$\begin{aligned}
 Q &= 42 \quad \text{m}^3/\text{hari} \\
 &= 0.486111111 \quad \text{L/detik}
 \end{aligned}$$

Gas klor (Cl_2) diinjeksikan ke dalam pipa menggunakan tabung klorinator

$$\text{kapasitas tabung klor} = 50 \quad \text{kg}$$

menurut , analisa laboratorium yang dilakukan,

$$\text{densitas klor} = 1.2 \quad \text{kg/L} = 1200 \quad \text{kg/m}^3$$

$$\text{Dosis klor optimum (BPC)} = 2,5 \text{ mg/L (hasil laboratorium)}$$

$$\text{dosen klor yang dibutuhkan} = \text{dosis klor optimum}$$

$$= 2.5 \text{ mg/L}$$

$$\text{kebutuhan kaporit} = \text{dosis klor dibutuhkan} \times Q$$

$$= 2.5 \text{ mg/L} \times 0.486 \text{ L/detik}$$

$$= 1.215 \quad \text{mg/detik}$$

$$= 0.1049 \quad \text{kg/hari}$$

diasumsikan penampungan klor selama 180 hari

$$= 0.1049 \text{ kg/hari} \times 180 \text{ hari}$$

$$= 18,88 \quad \text{kg}$$

$$\text{kebutuhan tabung klor} = \text{kebutuhan klor 180 hari} /$$

$$= \text{kapasitas tabung klor}$$

$$= 18,88 \text{ kg} / 50 \text{ kg}$$

$$= 1 \text{ buah}$$

Dimensi Pipa Influen dan Effluen Desinfeksi

Direncanakan

kecepatan air di pipa

$$(v) = 1 \quad \text{m/s}$$

debit air limbah (Q)

$$Q = 42 \quad \text{m}^3/\text{hari}$$

Pipa

Pipa jenis PVC Tipe AW (aplikasi air limbah dengan tekanan tinggi)

perhitungan:

luas penampang basah (A)

$$\begin{aligned} A &= Q/v \\ &= 42 \text{ m}^3/\text{hari} / 1 \text{ m/s} \times \text{hari}/86400\text{s} \\ &= 0.000486111 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

diameter pipa (D)

$$\begin{aligned} A &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\ 0.000486111 &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\ D &= 0.024884731 \quad \text{m} \\ &= 24.88 \quad \text{mm} \\ &\quad (\text{inner diameter}) \end{aligned}$$

(dipilih jenis pipa diameter 50 mm)

$$\begin{aligned} A &= 1/4 \times 3.14 \times D \times D \\ &= 1/4 \times 3.14 \times 0.05 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} \\ &= 0.002 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

4.3.8 Perencanaan Reservoir

Pada perencanaan ini diperlukan unit yang berupa reservoir untuk menampung air yang telah melewati unit pengolahan. Air ini akan digunakan untuk reuse water berupa penyiraman tanaman dan penggunaan flushing toilet. Diperlukan perencanaan reservoir dan pompa untuk mengalirkan air ke reservoir. Reuse water yang digunakan adakan dialirkan secara gravitasi. Reservoir yang digunakan merupakan elevated reservoir. Berikut ini merupakan perhitungan unit Reservoir.

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Kumulatif Pemakaian Reservoir

Jam	Debit limbah (m ³ /jam)	% kumulatif	% supply	% kumulatif	% selisih	% kumulatif selisih
1	0.40	0.40	3.5	3.5	3.10	3.10
2	0.40	0.80	3.5	7	3.10	6.20
3	0.40	1.20	3.5	10.5	3.10	9.30
4	0.40	1.60	3.5	14	3.10	12.40
5	0.40	2.00	3.5	17.5	3.10	15.50
6	1.20	3.20	3.5	21	2.30	17.80
7	1.60	4.80	3.5	24.5	1.90	19.70
8	6.80	11.60	3.5	28	-3.30	16.40
9	10.80	22.40	3.5	31.5	-7.30	9.10
10	14.80	37.20	3.5	35	-11.30	-2.20
11	8.40	45.60	3.5	38.5	-4.90	-7.10
12	4.80	50.40	3.5	42	-1.30	-8.40
13	5.20	55.60	3.5	45.5	-1.70	-10.10
14	5.40	61.00	3.5	49	-1.90	-12.00
15	5.20	66.20	3.5	52.5	-1.70	-13.70
16	4.00	70.20	3.5	56	-0.50	-14.20
17	4.00	74.20	3.5	59.5	-0.50	-14.70
18	6.40	80.60	3.5	63	-2.90	-17.60
19	3.60	84.20	3.5	66.5	-0.10	-17.70
20	3.20	87.40	3.5	70	0.30	-17.40
21	0.80	88.20	3.5	73.5	2.70	-14.70
22	0.40	88.60	3.5	77	3.10	-11.60
23	0.40	89.00	3.5	80.5	3.10	-8.50
24	0.40	89.40	3.5	84	3.10	-5.40

max 19.70

min -17.70

Kapasitas reservoir = surplus maksimum – surplus minimum
= $19.70 - (-17.70)$
= 37.40 %
Qdistribusi = 84 m³/hari
Volume distribusi = kapasitas reservoir x Q distribusi
= 37.40% x 84 m³/hari
= 31,42 m³/hari

dikarenakan volume yang tidak terlalu besar maka direncanakan menggunakan 1 unit elevated reservoir dengan kapasitas yang paling kecil. Dipilih unit reservoir tipe General Tank merek Penguin TB 32 dengan kapasitas 300 liter. Gambar dan spesifikasi reservoir dapat dilihat pada lampiran.

4.4 Penyusunan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

4.4.1 Bill of Quantity (BOQ)

Perhitungan Bill of Quantity (BOQ) pada perencanaan ini meliputi penggalan tanah biasa untuk konstruksi, pengurugan pasir dengan pemadatan. Terdapat pula pekerjaan beton K-225, pengurugan tanah kembali untuk konstruksi, pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos), pekerjaan bekisting lantai dan dinding. Pekerjaan lain adalah pemasangan pipa air kotor diameter X dan pekerjaan pompa, pipa dan aksesoris. Berikut ini perhitungan BOQ.

BOQ Penggalan Tanah Biasa untuk Konstruksi

Rumus = (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (kedalaman bangunan yang digali + tebal pasir + freeboard + tebal lantai kerja + tebal tutup)

Tebal pasir	=	0.1 m
Tebal lantai kerja	=	0.05 m
Fb	=	0.5 m
Sepatu lantai	=	0.3 m
Tebal tutup	=	0.2 m

Perhitungan:**Bak ekualisasi**

P	=	3 m
L	=	3 m
Tinggi	=	3.5 m
Volume	=	$3.6 \text{ m} \times 3.6 \text{ m} \times 4.35 \text{ m}$
	=	56.38 m ³

Tangki septic

P	=	1.5 m
L	=	3.5 m
Tinggi	=	3 m
Volume	=	$2.1 \text{ m} \times 4.1 \text{ m} \times 3.85 \text{ m}$
	=	33.15 m ³

Anaerobic Biofilter

P	=	5 m
L	=	3.5 m
Tinggi	=	2.5 m
Volume	=	$5.3 \text{ m} \times 4.1 \text{ m} \times 3.35 \text{ m}$
	=	72.80 m ³

Bak Penampung

P	=	1 m
L	=	1 m
Tinggi	=	1 m
Volume	=	$1.3 \text{ m} \times 1.6 \text{ m} \times 1.85 \text{ m}$
	=	3.85 m ³

Volume total galian tanah yaitu 166, 17 m³.

BOQ Pengurugan Pasir dengan Pemadatan

Rumus = (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x tebal pasir

Perhitungan:**Bak ekualisasi**

P	=	3 m
---	---	-----

L	=	3	m
Tinggi	=	2	m
Volume	=	3.6 m x 3.6 m x 0.1 m	
	=	1.30	m ³

Tangki septic

P	=	1.5	m
L	=	3.5	m
Tinggi	=	3	m
Volume	=	2.1 m x 4.1 m x 0.1 m	
	=	0.86	m ³

Anaerobic Biofilter

P	=	5	m
L	=	3.5	m
Tinggi	=	2.5	m
Volume	=	5.3 m x 4.1 m x 3.35 m	
	=	2.17	m ³

Bak Penampung

P	=	1	m
L	=	1	m
Tinggi	=	1	m
Volume	=	1.3 m x 1.3 m x 0.1 m	
	=	0.21	m ³

Volume total urugan dengan pemadatan adalah 4.54 m³.

BOQ Pekerjaan Beton K-225

- Beton Lantai Bangunan = panjang x lebar x (tebal lantai kerja + tebal lantai bak)

Dimana tebal lantai kerja (0.05 m) + tebal lantai bak (0.2 m) adalah 0.25 m

Perhitungan:

Bak ekualisasi

P	=	3 m
L	=	3 m
lantai bak +kerja	=	0.25 m
Volume	=	3.5 m x 3.5 m x 0.25 m
	=	3.06 m ³

Tangki septik

P	=	1.5 m
L	=	3.5 m
lantai bak +kerja	=	0.25 m
Volume	=	1.8 m x 3.8 m x 0.25 m
	=	1.71 m ³

Anaerobic biofilter

P	=	5 m
L	=	3.5 m
lantai bak +kerja	=	0.25 m
Volume	=	5.15 m x 3.8 m x 0.25 m
	=	4.89 m ³

Bak penampung

P	=	1 m
L	=	1 m
lantai bak +kerja	=	0.25 m
Volume	=	1.15 m x 1.15 m x 0.25 m
	=	0.33 m ³

Volume beton lantai bangunan yaitu 10 m³.

- Beton Dinding Bangunan = (panjang total + lebar total) x tebal dinding x (kedalaman + *freeboard*)

Perhitungan:**Bak ekualisasi**

P	=	3 m
L	=	3 m
Kedalaman + fb	=	3 m
Volume	=	(6.6+6.6)*3.5*0.15 m

$$= 6.93 \text{ m}^3$$

Tangki septik

P	=	1.5 m
L	=	3.5 m
Kedalaman + fb	=	3.5 m
Volume	=	$(3.6+7.6)*4*0.15\text{m}$
	=	6.72 m ³

Anaerobic filter

P	=	5 m
L	=	3.5 m
Kedalaman + fb	=	2.5 m
Volume	=	$(10.6+7.6)*3*0.15 \text{ m}$
	=	8.19 m ³

Bak penampung

P	=	1 m
L	=	1 m
Kedalaman + fb	=	1 m
Volume	=	$(2.6+2.6)*1.5*0.15\text{m}$
	=	1.17 m ³

Volume beton dinding bangunan yaitu 23,01 m³.

- Beton Tutup Bangunan = panjang x lebar x (tebal tutup)

Dimana tebal tutup bak adalah 0.15

Perhitungan :

Bak Ekualisasi

P	=	3 m
L	=	3 m
P+tebal dinding	=	3.3 m
L+tebal dinding	=	3.3 m
Volume	=	$3.3 \text{ m} \times 3.3 \text{ m} \times 0.15 \text{ m}$
	=	1.63 m ³

Tangki septik

P	=	1.5 m
---	---	-------

L	=	3.5	m
P+tebal dinding	=	1.8	m
L+tebal dinding	=	3.8	m
Volume	=	1.8 m x 3.8 m x 0.15 m	
	=	1.026	m ³

AF			
P	=	5	m
L	=	3.5	m
P+tebal dinding	=	5.3	m
L+tebal dinding	=	3.8	m
Volume	=	5.3 m x 3.8 m x 0.15 m	
	=	3.021	m ³

Volume beton tutup bangunan yaitu 5,68 m³.

- Beton Sepatu Lantai Bangunan = panjang sepatu lantai x lebar sepatu lantai x tinggi urugan

Dimana tebal sepatu lantai adalah 0.2 m

Perhitungan:

L1	12.96	m2	p1	3.6	p2	3.5
L2	12.25	m2	l1	3.6	l2	3.5

bak ekualisasi

$$= (12.96 - 12.25) \times 0.15$$

$$= 0.11 \text{ m}^3$$

L1	8.61	m2	p1	2.1	p2	1.8
L2	6.84	m2	l1	4.1	l2	3.8

Tangki septik

$$= (8.61 - 6.84) \times 0.15$$

$$= 0.266 \text{ m}^3$$

L1	21.73	m2	p1	5.3	p2	5.15
L2	19.57	m2	l1	4.1	l2	3.8

Anaerobik filter

$$= (21.73 - 19.57) \times 0.15$$

$$= 0.324 \text{ m}^3$$

L1	2.08	m2	p1	1.3	p2	1.15
L2	1.32	m2	l1	1.6	l2	1.15

Bak penampung

$$= (2.08 - 1.32) \times 0.15$$

$$= 0.114 \text{ m3}$$

Volume beton sepatu lantai bangunan yaitu 0,81 m³.

Volume pekerjaan beton didapatkan dari akumulasi volume pekerjaan lantai, dinding, tutup beton, serta sepatu lantai.

Volume beton lantai bangunan	=	10.00	m3
Volume dinding bangunan	=	23.01	m3
Volume tutup bangunan	=	5.68	m3
Volume sepatu lantai	=	0.81	m3
Volume beton Total	=	39.50	m3

BOQ Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi

Rumus = panjang sepatu lantai x lebar sepatu lantai x tinggi urugan

Perhitungan:

Bak ekualisasi

p1	=	3.6	m
l1	=	3.6	m
p2	=	3.5	m
l2	=	3.5	m
Tinggi	=	3.5	m
Tinggi total	=	4.15	m
volume	=	[(3.6 m x 3.6 m) - (3.5 m - 3.5 m)] x	
		4.15 m	
	=	53.784	m3

Tangki septik

p1	=	2.1	m
l1	=	4.1	m
p2	=	1.8	m
l2	=	3.8	m
Tinggi	=	3	m
Tinggi total	=	3.65	m

$$\begin{aligned}\text{volume} &= [(2.1 \text{ m} \times 4.1 \text{ m}) - (1.8 \text{ m} - 3.8 \text{ m})] \times \\ &\quad 3.65 \text{ m} \\ &= 38.7265 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Anaerobic Baffle Reactor

$$\begin{aligned}\text{p1} &= 0.3 \text{ m} \\ \text{l1} &= 0.6 \text{ m} \\ \text{p2} &= 0.15 \text{ m} \\ \text{l2} &= 0.3 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 0 \text{ m} \\ \text{Tinggi total} &= 0.65 \text{ m} \\ \text{volume} &= [(5.5 \text{ m} \times 3.6 \text{ m}) - (5.35 \text{ m} \times 3.3 \text{ m})] \times \\ &\quad 1.95 \text{ m} \\ &= 0 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Bak penampung

$$\begin{aligned}\text{p1} &= 1.3 \text{ m} \\ \text{l1} &= 1.6 \text{ m} \\ \text{p2} &= 1.15 \text{ m} \\ \text{l2} &= 1.15 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 1 \text{ m} \\ \text{Tinggi total} &= 1.65 \text{ m} \\ \text{volume} &= [(1.3 \text{ m} \times 1.6 \text{ m}) - (1.15 \text{ m} - 1.15 \text{ m})] \times \\ &\quad 1.65 \text{ m} \\ &= 3.432 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume urugan tanah kembali yaitu 160,14 m³.

BOQ Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos)

Volume pekerjaan pembesian berdasarkan perhitungan volume pekerjaan beton dan lantai bangunan. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya didapatkan 33,01 m³.

Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 150 kg/ m³ beton sehingga didapatkan berat besi adalah 4950,84 kg.

BOQ Bekisting Lantai

Rumus = (panjang total x lebar total)

Perhitungan:**Bak ekualisasi**

P	=	3.5	m
L	=	3.5	m
Luas	=	3.5 m x 3.5 m	
	=	12.25	m ²

Tangki Septik

P	=	1.8	m
L	=	3.8	m
Luas	=	1.8 m x 3.8 m	
	=	6.84	m ²

Anaerobik biofilter

P	=	5.15	m
L	=	3.8	m
Luas	=	5.15 m x 3.8 m	
	=	19.57	m ²

bak penampung

P	=	1.15	m
L	=	1.15	m
Luas	=	1.15 m x 1.15 m	
	=	1.3225	m ²

Luas bekisting lantai yaitu 39,98 m².

BOQ Bekisting Dinding

Rumus = (panjang total + lebar total) x (tinggi)

Perhitungan:**Bak ekualisasi**

P	=	3	m
L	=	3	m
Kedalaman + fb	=	3	m
Luas	=	(6.6 + 6.6) x 3.5	
	=	46.2	m ²

Tangki septik

$$\begin{aligned} P &= 1.5 \text{ m} \\ L &= 3.5 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} + \text{fb} &= 3.5 \text{ m} \\ \text{Luas} &= (3.6 + 7.6) \times 4 \\ &= 44.8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Anaerobic filter

$$\begin{aligned} P &= 5 \text{ m} \\ L &= 3.5 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} + \text{fb} &= 2.5 \text{ m} \\ \text{Luas} &= (10.6 + 7.6) \times 3 \\ &= 54.6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

bak penampung

$$\begin{aligned} P &= 1 \text{ m} \\ L &= 1 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} + \text{fb} &= 1 \text{ m} \\ \text{Luas} &= (2.6 + 2.6) \times 1.15 \\ &= 7.8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Luas bekisting dinding yaitu 153,4 m².

4.4.2 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) merupakan hasil perhitungan volume pekerjaan (BOQ) dengan harga satuan yang telah dikalikan dengan indeks yang sesuai dengan HSPK Kota Surabaya Tahun 2016 melalui penyesuaian dengan harga yang berlaku di pasar. Nilai satuan perhitungan RAB per jenis pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Harga Satuan Pekerjaan Unit

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
a.	Pembuatan Bouwplank/ titik		titik		

<u>upah</u>					
mandor	0,0045	O.H	Rp158.000	Rp 711	
kepala tukang	0,01	O.H	Rp148.000	Rp 1.480	
tukang	0,1	O.H	Rp121.000	RP 12.100	
pembantu tukang	0,1	O.H	Rp110.000	RP 11.000	
			jumlah	Rp 25.291	
<u>Bahan/Material</u>					
kayu meranti (bekisting)	0,008	m3	Rp3.350.400	Rp 26.803	
kayu merantu (usuk 4/6)	0,012	m3	Rp4.188.000	Rp 50.256	
paku biasa 2"-5"	0,05	doz	Rp28.200	Rp 1.410	
			jumlah	Rp 78.469	
			jumlah total	Rp 103.760	
II	PEKERJAAN BETON				
a.	Pekerjaan Galian tanah biasa untuk konstruksi		m3		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,025	O.H	Rp158.000	Rp 3.950
	pembantu tukang	0,75	O.H	Rp110.000	Rp 82.500
				jumlah	Rp 86.450
b.	Pengurugan Pasir (PADAT)				
	<u>upah</u>				
	Mandor	0,01	O.H	Rp158.000	Rp 1.580
	pembantu tukang	0,3	O.H	Rp110.000	Rp 33.000
				jumlah	Rp 34.580
	<u>Bahan</u>				
	Pasir Urug	1,2	M3	Rp150.200	Rp 180.240
				jumlah	Rp 180.240
				jumlah total	Rp

					214.820
c.	Pekerjaan Beton K-225		m3		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0.083	O.H	Rp158.000	Rp 13.114
	Kepala tukang batu	0.028	O.H	Rp148.000	Rp 4.144
	Tukang batu	0.275	O.H	Rp121.000	Rp 33.275
	Pembantu Tukang	1.65	O.H	Rp121.000	Rp 181.500
				jumlah	Rp 232.033
	<u>Bahan</u>				
	semen PC 40 kg	8.8	zak	Rp60.700	Rp 562.992
	pasir cor/beton	0.456	m3	Rp243.000	Rp 106.008
	batu pecah mesin 1/2 cm	0.542	m3	Rp487.900	Rp 268.858
	air kerja	157,5	kg	Rp12.500	Rp 6.020
				jumlah	Rp 943.878
				jumlah total	Rp 1.175.911
d.	Pekerjaan Pembesian Dengan Besi Beton		m3		
	<u>upah</u>				
	Mandor	0.265	O.H	Rp158.000	Rp 41.870
	Kepala tukang batu	0.262	O.H	Rp148.000	Rp 38.776
	Tukang batu	1.3	O.H	Rp121.000	Rp 157.300
	Pembantu Tukang	5.3	O.H	Rp121.000	Rp 641.300
				jumlah	Rp 232.033
	<u>Bahan</u>				

	besi beton polos	8.8	zak	Rp 12.000	Rp 105.600
	kawat ikat	0.456	m3	Rp 23.000	Rp 10.488
				jumlah	Rp 116.088
				jumlah total	Rp 348.121
e.	Pekerjaan Bekisting Lantai		m2		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,033	O.H	Rp158.000	Rp 5.214
	kepala tukang	0,033	O.H	Rp148.000	Rp 4.884
	tukang	0,33	O.H	Rp121.000	Rp 39.930
	pembantu tukang	0,66	O.H	Rp110.000	Rp 72.600
				Jumlah	Rp 122.628
	<u>Bahan</u>				
	Paku usuk	0,4	kg	Rp19.800	Rp 7.920
	Plywood uk. 122x244x9 mm	0,35	lembar	Rp121.400	Rp 42.490
	Kayu kamper balok 4/6	0,015	m3	Rp4.711.500	Rp 70.673
	kayu meranti bekisting	0,04	m3	Rp3.350.400	Rp 134.016
	minyak bekisting	0,2	liter	Rp29.600	Rp 5.920
				jumlah	Rp 261.019
				jumlah total	Rp 383.647
f.	Pekerjaan Bekisting Dinding		m2		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,033	O.H	Rp158.000	Rp 5.214
	kepala tukang	0,033	O.H	Rp148.000	Rp 4.884
	tukang	0,33	O.H	Rp121.000	Rp 39.930
	pembantu tukang	0,66	O.H	Rp110.000	Rp 72.600

				Jumlah	Rp 122.628
	<u>Bahan</u>				
	Paku usuk	0,4	kg	Rp19.800	Rp 7.920
	Plywood uk. 122x244x9 mm	0,35	lembar	Rp121.400	Rp 42.490
	Kayu kamper balok 4/6	0,02	m3	Rp4.711.500	Rp 94.230
	kayu meranti bekisting	0,03	m3	Rp3.350.400	Rp 100.512
	minyak bekisting	0,2	liter	Rp29.600	Rp 5.920
				jumlah	Rp 251.072
				jumlah total	Rp 373.700
g.	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi		m3		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,019	O.H	Rp158.000	Rp 3.002
	pembantu tukang	0,102	O.H	Rp110.000	Rp 11.220
				Jumlah	Rp 14.220
III	FINISHING				
a.	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 3'		m		
	<u>upah</u>				
	mandor	0,0041	O.H	Rp 158.000	Rp 648
	kepala tukang	0,0135	O.H	Rp110.000	Rp1.998
	tukang	0,135	O.H	Rp 121.000	Rp 16.335
	pembantu tukang	0,081	O.H	Rp 110.000	Rp 8.910
				jumlah	Rp 27.891
	<u>Bahan</u>				

	Pipa PVC Tipe C uk 4'(4 m)	0,3	Batang	Rp 72.200	Rp 21.660
	Pipa PVC Tipe C uk 4'(4 m)	0,105	batang	Rp 72.200	Rp 7.581
				Jumlah	Rp 29.241
				jumlah total	Rp 57.132
b.	Pemasangan Pompa				
	<u>Upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp158.000	Rp 6.320
	Tukang	0,4	O.H	Rp121.000	Rp 48.400
				Jumlah	Rp 54.720
	<u>Bahan</u>				
	Pompa	1	unit	Rp9.000.000	Rp9.000.000
				Jumlah	Rp9.000.000
				Jumlah total	Rp9.054.720
c.	Pemasangan Media Sarang Tawon				
	<u>Upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp158.000	Rp 6.320
	Tukang	0,4	O.H	Rp121.000	Rp 48.400
				Jumlah	Rp 54.720
	<u>Bahan</u>				
	Media Sarang Tawon	1	m3	Rp2.083.333	Rp2.083.333
				Jumlah	Rp2.083.333
				Jumlah total	Rp2.138.053
d.	Pemasangan Reservoir				

	<u>Upah</u>				
	Mandor	0,04	O.H	Rp158.000	Rp 6.320
	Tukang	0,4	O.H	Rp121.000	Rp 48.400
				Jumlah	Rp 54.720
	<u>Bahan</u>				
	Reservoir	1	unit	Rp 950.000	Rp 950.000
				Jumlah	Rp 950.000
				Jumlah total	Rp 1.004.720

Dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya untuk pembangunan unit-unit IPAL dan Daur Ulang Efluen IPAL. Hasil rekapitulasi RAB dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
A	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pembuatan Bouwplank/ titik	titik	4	Rp 103.760	Rp 415.040
B	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Galian tanah biasa untuk konstruksi	m3	166,17	Rp 86.450	Rp 14.365.396
2	Pengurugan Pasir (PADAT)	m3	4,54	Rp 214.820	Rp 975.283
3	Pekerjaan Beton K-225	m3	39,50	Rp 1.175.911	Rp 46.448.484

	Pekerjaan Pembesian dengan besi beton	kg	4950,84	Rp 14.498	Rp 71.777.278
4	Pekerjaan Bekisting Lantai	m2	39,98	Rp 383.647	Rp 15.338.207
5	Pekerjaan Bekisting Dinding	m2	153,4	Rp 373.700	Rp 57.325.580
6	Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi	m3	160,14	Rp 14.220	Rp 2.277.190
C	FINISHING				
1	Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 3'	m	15	Rp 57.132	Rp 856.980
2	Pemasangan Pompa	unit	5	Rp 9.054.720	Rp 45.273.600
3	Pemasangan Media Sarang Tawon	m3	25,4	Rp 2.138.053	Rp 54.306.546
4	Pemasangan Reservoir	unit	1	Rp 1.004.720	Rp 1.004.720
				Jumlah	Rp 310.364.304

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan dimensi IPAL medis, diperoleh dimensi untuk unit Bak Ekualisasi (3 m x 3 m x 3,5 m); Tangki Septik kompartemen 1 (1 m x 3,5 m x 3 m); Tangki Septik kompartemen 2 (0,5 m x 3,5 m x 3 m); Dua buah bak anaerobic biofilter dengan dimensi masing-masing (2,5 m x 3,5 m x 2,5 m);
2. Berdasarkan perhitungan unit reuse water, diperoleh dimensi untuk 6 unit Bak Filter Karbon dengan dimensi masing-masing (0,4 m x 0,4 m x 0,6 m); 1 Buah Bak Desinfeksi dengan kapasitas 50 kg; dan Unit Reservoir kapasitas 300 L.
3. Rencana Anggaran Biaya IPAL dan Reuse Water sebesar Rp. 310.364.304

5.2. Saran

1. Pada perancangan selanjutnya agar dilakukan pengukuran debit efluen untuk mengetahui fluktuasi air limbah yang dihasilkan
2. Menambah jumlah pengambilan sampel kualitas air dan debit agar hasil lebih akurat
3. Dilakukan desain dengan unit IPAL dan reuse water diatas tanah agar mengurangi kemungkinan pencemaran air tanah oleh patogen

“ Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Layla, M.A; Ahmad,S dan Middlebrooks, J.E. 1978. **Water Supply Engineering Design**. Michigan: Ann Arbor Science Publisher Inc.
- Ammary,Y. 2004. "Nutrients Requirements in Biological Industrial Waste Water Treatment". **African Journal of Biotechnology**.Vol.3 (4), pp. 236-238.
- Aryani L. 2010. **Efektivitas Variasi Ketebalan Arang Aktif untuk menurunkan Kadar Amoniak (NH₃) dalam Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Tugurejo Semarang**. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro.
- BLHD. 2013. **Minimasi Air Limbah dan Teknologi Daur Ulang Air Limbah**. Jakarta: Pusat Lingkungan (PTL) – BPPT.
- Daud, A. 2005. **Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan**. Makassar: Jurusan Kesehatan Lingkungan FKM Unhas.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2009. **Undang-Undang Kesehatan Republik Indonesia No. 36 Tahun 2009 Tentang Kesehatan**. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta : Kanisius.
- Entjang. I., 2005. **Ilmu Kesehatan Masyarakat**. Bandung : PT Citra Aditya Bakti.
- Jamieson,T.S. 2003. "The Use of Aeration to Enhance Ammonia Nitrogen Removal in Constructed Wetlands". **Journal of Department of Environmental Sciences and Department of Engineering, Nova Scotia Agricultural College. Canadian Biosystem Engineering**. Volume 45.
- Jusoh,A. 2005. **Study on Removal of Iron and Manganese in Groundwater by Granular Activated Carbon**.Santa Margherita- Italia : Elsevier
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 1986. **Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 92 Tahun**

- 1986 Tentang Klasifikasi Rumah Sakit.** Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2010. **Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 340 Tahun 2010 Tentang Klasifikasi Rumah Sakit.** Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2014. **Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 56 Tahun 2014 Tentang Klasifikasi dan Perizinan Rumah Sakit.** Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Lin, S. D. 1999. **Handbook of Environmental Engineering Calculations.** New York City: McGraw Hill Higher Education.
- Mehrabi,N. 2016. "Optimization of Phosphate Removal from Drinking Water with Activated Carbon Using Response Surface Methodology (RSM)". **Journal Desalination and Water Treatment.** Volume 57,2006-Issue 33.
- Morel,A. dan Diener, S. 2006. "Greywater Management in Low and Middle-Income Countries". **Review of Different Treatment System for Households of Neighbourhood.** Dubendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science. Department of Water and Sanitation in Developing Countries.
- Notoatmodjo. 2000. **Ilmu Kesehatan Masyarakat,Prinsip-prinsip Dasar.** Reneka Cipta: Jakarta.
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. 2013. **Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.** Surabaya: Pemerintah Propinsi Jawa Timur.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2001. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.** Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Prabarini,N. 2013. "Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur dengan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri". **Jurnal**

- Ilmiah Teknik Lingkungan**. Volume 5 No.2. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Reynold, T.D. dan Richards, P.A., 1996. **Unit Operations and Processes in Environmental Engineering**. International Thomson Publishing Inc. PWS Publishing Co, Boston, USA.
- Salmin. 2005."Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan". **Oseana**, Vol. 15, No.3, pp: 21-26.
- Sanropie. 2006. **Komponen sanitasi rumah sakit Indonesia**: Depkes RI, Jakarta.
- Sasse, L. 2009. **Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries**. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association.
- Sekarwati. 2015. "Dampak Logam Berat Pada Limbah Cair Industri Perak Terhadap Kualitas Air Sumur dan Kesehatan Masyarakat Serta Upaya Pengendaliannya di Kota Gede Yogyakarta". **Jurnal EKOSAINS Vol. VII No.1**. Yogyakarta: Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret.
- Suriaman, E dan Juwita. 2008. "Uji Kualitas Air". **Jurnal Penelitian Mikrobiologi Pangan**. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Malang.
- Tchobanoglous, G; Burton,F.L, and Stensel, H.D. 2002. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition**. Singapore: McGraw-Hill Higher Education.
- Von, S.M dan Chernicharo, C.A. 2005. **Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions Volume One**. London: IWA Publishing.
- Wardhana. 2013. **Penggunaan Karbon Aktif dari Sampah Plastik untuk Menurunkan Kandungan Phospat Pada Limbah Cair (Studi Kasus: Limbah Cair Industri Laundry di Tembalang, Semarang)**. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan FT-Undip.

Wijaya. 2005. **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Anwar Medika, Sidoarjo.**
Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Medan, 04 Agustus 1995, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Methodist 8, SD Dr.Wahidin Sudirohusodo, SD St. Fransiskus Asisi, SMP St. Fransiskus Asisi, dan SMAN 8 Jakarta. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya pada Tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3313 100 110.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif di dalam organisasi kemahasiswaan sebagai anggota Departemen Hubungan Luar HMTL Periode 2015/2016 divisi Branding, anggota Komunitas EEEEC (Environmental Engineering Club), serta aktif menjadi panitia di berbagai kegiatan HMTL seperti *Big Event* HMTL Environation 2014-2016 maupun lingkup yang lebih luas yaitu kepanitian *Young Engineers and Scientist Summit for ASEAN Students and Engineers* 2015. Penulis berkesempatan untuk menjalankan Kerja Praktik di Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java, untuk melakukan evaluasi instalasi pengolahan air limbah terproduksi dari kegiatan *drilling* di *offshore*. Penulis dapat dihubungi via email tbatubara@gmail.com.



GUBERNUR JAWA TIMUR

PERATURAN GUBERNUR JAWA TIMUR

NOMOR 72 TAHUN 2018

TENTANG

**BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI INDUSTRI DAN/ATAU
KEGIATAN USAHA LAINNYA**

GUBERNUR JAWA TIMUR,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 22 ayat (3) Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur yang diundangkan dalam Lembaran Daerah Provinsi Jawa Timur Tahun 2008 Nomor 1 Seri E, perlu membentuk Peraturan Gubernur Jawa Timur tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya;

Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1950 tentang Pembentukan Provinsi Djawa Timur (Himpunan Peraturan-Peraturan Negara Tahun 1950) sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 1950 tentang Perubahan dalam Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1950 (Himpunan Peraturan-Peraturan Negara Tahun 1950);

2. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1984 Nomor 22, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3274);

3. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1990 Nomor 49, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3419);

4. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377);

4. **Baku Mutu Air Limbah Domestik [Permukiman (*Real Estate*), Rumah Makan (*Restoran*), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama]**

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK Volume Limbah Cair Maximum 120 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD ₅	30
COD	50
TSS	50
Minyak dan Lemak	10
pH	6-9

5. **Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Obat Tradisional/Jamu.**


BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK PENGOLAHAN OBAT TRADISIONAL/JAMU	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD ₅	75
COD	150
TSS	100
Phenol	0,2
pH	6-9
Volume air limbah maksimum (M ³ /ton bahan baku)	15

6. **Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Sakit**

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK KEGIATAN RUMAH SAKIT Volume Limbah Cair Maximum 500 L /(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
Suhu	30°C
pH	6-9
BOD ₅	30
COD	80
TSS	30
NH ₃ -N bebas	0,1
PO ₄	2
MPN-Kuman Golongan Koti/100 mL	10.000

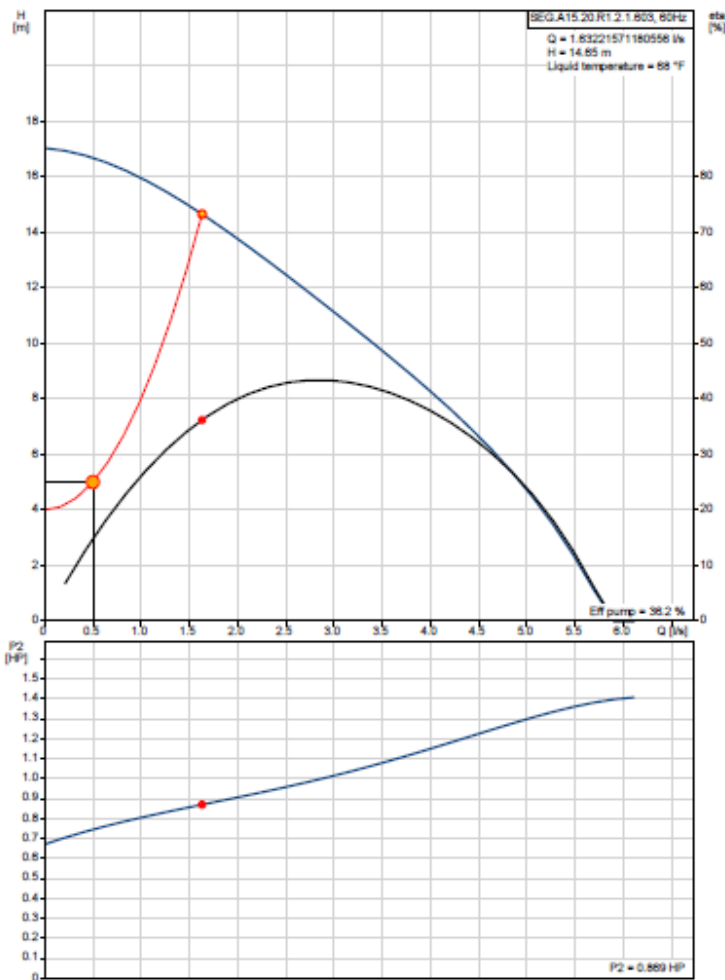
No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
A. FISIKA				
1	Bau	-	-	Tidak berbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	Mg/L	1000	-
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	-
4	Rasa	-	-	Tidak berasa
5	Suhu	0°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	-
6	Warna	Skala TCU	15	-
B. KIMIA				
a. Kimia Anorganik				
1	Air raksa	mg/L	0,001	
2	Arsen	mg/L	0,05	
3	Besi	mg/L	1,0	
4	Fluorida	mg/L	1,5	
5	Kadmium	mg/L	0,005	
6	Kesadahan (CaCO_3)	mg/L	500	
7	Klorida	mg/L	600	
8	Kromium, valensi 6	mg/L	0,05	
9	Mangan	mg/L	0,5	
10	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
11	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
12	pH	mg/L	0,05	

13	Salenium	mg/L	0,01	
14	Seng	mg/L	15	
15	Slanida	mg/L	0,1	
16	Sulfat	mg/L	400	
17	Timbal	mg/L	0,05	
b. Kimia Organik				
1	Aldrin dan dieldrin	mg/L	0,0007	
2	Benzene	mg/L	0,01	
3	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4	Chloroform (total Isomer)	mg/L	0,007	
5	Chloroform	mg/L	0,03	
6	2,4-D	mg/L	0,10	
7	DDT	mg/L	0,03	
8	Detergen	mg/L	0,5	
9	1,2-Dichloroethene	mg/L	0,01	
10	1,1-Dichloroethene	mg/L	0,0003	
11	Heptachlor dan heptachlor epoxide	mg/L	0,003	
12	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,004	
14	Methoxychlor	mg/L	0,10	
15	Pentachloropenol	mg/L	0,01	
16	Pestisida total	mg/L	0,10	
17	2,4,6-trichlorophenol	mg/L	0,01	
18	Zat organik (KimiaD)	mg/L	10	
c. Mikrobiologi				
1	Total Koliform (MPN)	Jumlah per 100 ml	0	Bukan air pipa
2	Koliform tinja belum diperiksa	Jumlah per 100 ml	0	Bukan air pipa
d. Radio Aktivitas				
1	Aktivitas Alpha (Gross Alpha activity)	Bq/L	0,1	
2	Aktivitas Beta (Gross Beta activity)	Bq/L	1,0	

Position	Count	Description																																
	1	<div><div></div><div>Product photo could vary from the actual product</div></div> <p>Product No.: 98682359</p> <p>Grundfos SEG pumps are submersible pumps with horizontal discharge port, specifically designed for pressurized pumping of wastewater with discharge from toilets.</p> <p>The SEG pumps are equipped with a grinder system, grinding destructible solids into small pieces so that they can be led away through pipes of a relatively small diameter.</p> <p>The surface of the pump is smooth to prevent dirt and impurities from sticking to the pump.</p> <p>The pump is primarily made of cast iron. The clamp securing the motor to the pump housing is made of stainless steel to prevent corrosion and allow for ease of service of the pump.</p> <p>The power cable of the pump also incorporates wires for the thermal sensors in the motor winding. The cable connection is a plug solution. The totally sealed plug connection prevents moisture from entering the pump through the cable in case of cable breakage or adverse and/or careless handling of the pump cable.</p> <p>The pump must be connected to a control box or a controller.</p> <p>The pump has been tested by CSA.</p> <p>Controls:</p> <table><tr><td>Moisture sensor:</td><td>with moisture sensors</td></tr><tr><td>AUTOADAPT:</td><td>NO</td></tr></table> <p>Liquid:</p> <table><tr><td>Pumped liquid:</td><td>Water</td></tr><tr><td>Liquid temperature range:</td><td>32 .. 104 °F</td></tr><tr><td>Liquid temp:</td><td>68 °F</td></tr><tr><td>Density:</td><td>62.4 lb/ft³</td></tr><tr><td>Kinematic viscosity:</td><td>1 cSt</td></tr></table> <p>Technical:</p> <table><tr><td>Actual calculated flow:</td><td>1.68153889973958 l/s</td></tr><tr><td>Resulting head of the pump:</td><td>14.55 m</td></tr><tr><td>Type of Impeller:</td><td>Grinder System</td></tr><tr><td>Primary shaft seal:</td><td>SIC/SIC</td></tr><tr><td>Secondary shaft seal:</td><td>LIPSEAL</td></tr><tr><td>Approvals on nameplate:</td><td>PA-I</td></tr><tr><td>Curve tolerance:</td><td>ANSI/HI11.6:2012 3B2</td></tr></table> <p>Materials:</p> <table><tr><td>Pump housing:</td><td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td></tr><tr><td>Impeller:</td><td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td></tr></table>	Moisture sensor:	with moisture sensors	AUTOADAPT:	NO	Pumped liquid:	Water	Liquid temperature range:	32 .. 104 °F	Liquid temp:	68 °F	Density:	62.4 lb/ft³	Kinematic viscosity:	1 cSt	Actual calculated flow:	1.68153889973958 l/s	Resulting head of the pump:	14.55 m	Type of Impeller:	Grinder System	Primary shaft seal:	SIC/SIC	Secondary shaft seal:	LIPSEAL	Approvals on nameplate:	PA-I	Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2	Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B	Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B
Moisture sensor:	with moisture sensors																																	
AUTOADAPT:	NO																																	
Pumped liquid:	Water																																	
Liquid temperature range:	32 .. 104 °F																																	
Liquid temp:	68 °F																																	
Density:	62.4 lb/ft³																																	
Kinematic viscosity:	1 cSt																																	
Actual calculated flow:	1.68153889973958 l/s																																	
Resulting head of the pump:	14.55 m																																	
Type of Impeller:	Grinder System																																	
Primary shaft seal:	SIC/SIC																																	
Secondary shaft seal:	LIPSEAL																																	
Approvals on nameplate:	PA-I																																	
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2																																	
Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																																	
Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																																	

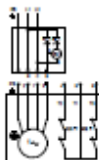
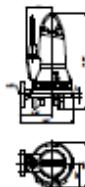
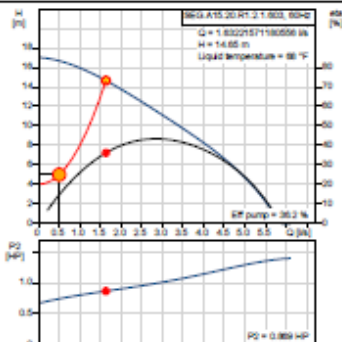
Position	Count	Description
		<p>Installation:</p> <p>Maximum ambient temperature: 104 °F Maximum operating pressure: 87 psi Flange standard: ANSI Pipework connection: 1 1/2" /2" Size of discharge port: 1 1/2 inch Pressure stage: PN 10 Maximum installation depth: 32.81 ft Auto-coupling: 98245788</p> <p>Electrical data:</p> <p>C run: 30 µF C start: 150 µF Power input - P1: 1.6 kW Rated power - P2: 1.609 HP Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 1 x 208-230 V Voltage tolerance: +6/-10 % Max starts per. hour: 30 Rated current: 9-8 A Starting current: 48 A Rated current at no load: 7.2 A Cos phi - power factor: 0,91 Cos phi - p.f. at 3/4 load: 0,82 Cos phi - p.f. at 1/2 load: 0,8 Rated speed: 3450 rpm Moment of inertia: 0.047 lb ft² Motor efficiency at full load: 0.74 % Motor efficiency at 3/4 load: 0.73 % Motor efficiency at 1/2 load: 0.66 % Capacitor size - run: 30 µF Capacitor size - start: 150 µF Number of poles: 2 Start. method: direct-on-line Enclosure class (IEC 34-5): IP68 Insulation class (IEC 85): F Explosion proof: no Length of cable: 33 ft Cable type: GECOW 600V Type of cable plug: NO PLUG</p> <p>Others:</p> <p>Net weight: 106 lb</p>

98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



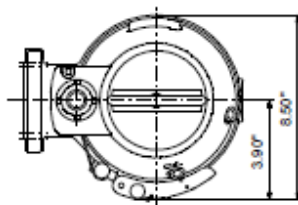
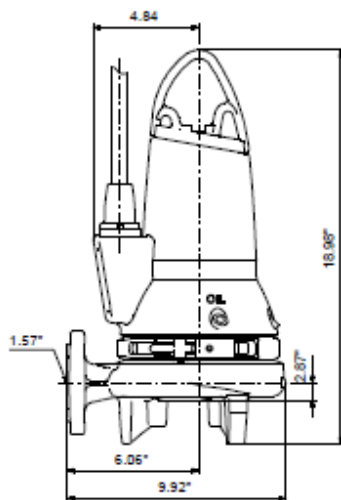
Date: 10/11/2016

Description	Value
General information:	
Product name:	SEG.A15.20.R1.2.1.603
Product No.:	9882350
EAN:	5711499540353
Technical:	
Actual calculated flow:	1.68153889973958 l/s
Max flow:	6.11111111111111 l/s
Resulting head of the pump:	14.55 m
Head max:	17 m
Type of impeller:	Grinder System
Primary shaft seal:	SIC/SIC
Secondary shaft seal:	LIPSEAL
Approvals on nameplate:	PA-I
Curve tolerance:	ANSI/H11.8:2012 3B2
Materials:	
Pump housing:	Cast iron
	EN1561 EN-GJL-200
	ASTM A48 30B
Impeller:	Cast iron
	EN1561 EN-GJL-200
	ASTM A48 30B
Installation:	
Maximum ambient temperature:	104 °F
Maximum operating pressure:	87 psi
Flange standard:	ANSI
Pipework connection:	1 1/2" /2"
Size of discharge port:	1 1/2 inch
Pressure stage:	PN 10
Maximum installation depth:	32.81 ft
Inst dry/wet:	SUBMERGED
Auto-coupling:	98245788
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	32 .. 104 °F
Liquid temp:	68 °F
Density:	62.4 lb/ft³
Kinematic viscosity:	1 cSt
Electrical data:	
C run:	30 µF
C start:	150 µF
Power input - P1:	1.8 kW
Rated power - P2:	1.609 HP
Main frequency:	60 Hz
Rated voltage:	1 x 208-230 V
Voltage tolerance:	+6-10 %
Max starts per. hour:	30
Rated current:	9-8 A
Starting current:	48 A
Rated current at no load:	7.2 A
cos phi - power factor:	0,91
cos phi - p.f. at 3/4 load:	0,82
cos phi - p.f. at 1/2 load:	0,8
Rated speed:	3450 rpm
Moment of inertia:	0.047 lb · ft²

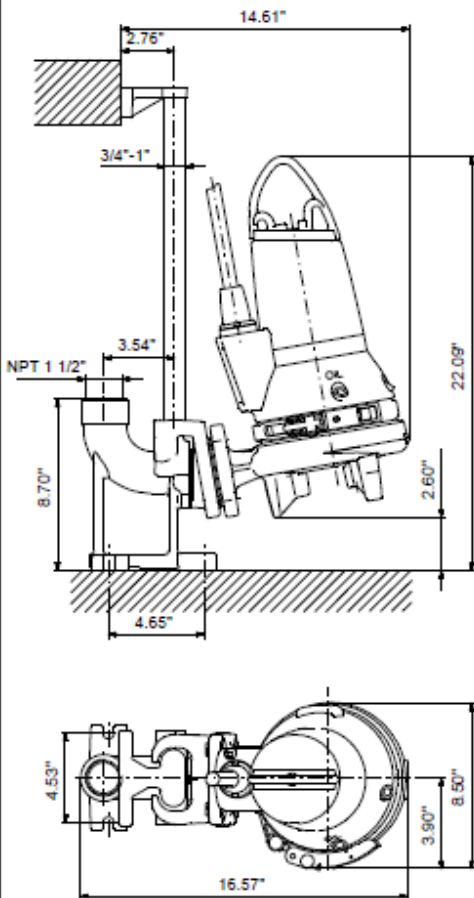


Description	Value
Motor efficiency at full load:	0.74 %
Motor efficiency at 3/4 load:	0.73 %
Motor efficiency at 1/2 load:	0.66 %
Capacitor size - run:	30 µF
Capacitor size - start:	150 µF
Number of poles:	2
Start method:	direct-on-line
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	F
Explosion proof:	no
Motor protection:	THERMAL SWITCH
Thermal protec:	external
Length of cable:	33 ft
Cable type:	SECOOW 600V
Type of cable plug:	NO PLUG
Controls:	
Control box:	not included
Additional VO:	External
Moisture sensor:	with moisture sensors
AUTOADAPT:	NO
Others:	
Net weight:	106 lb
Sales region:	Namreg

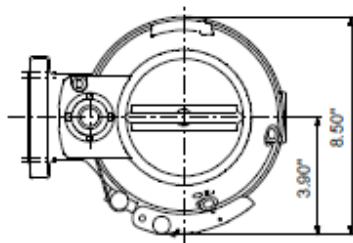
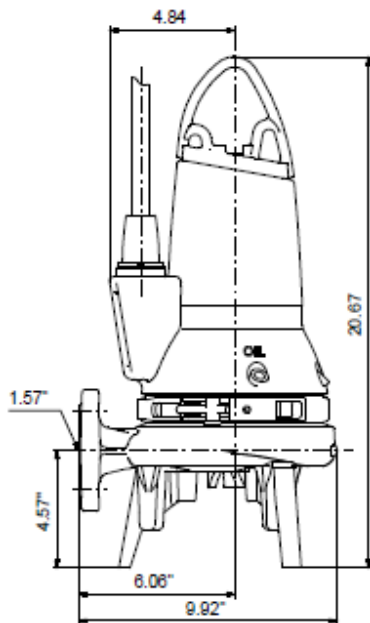
98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



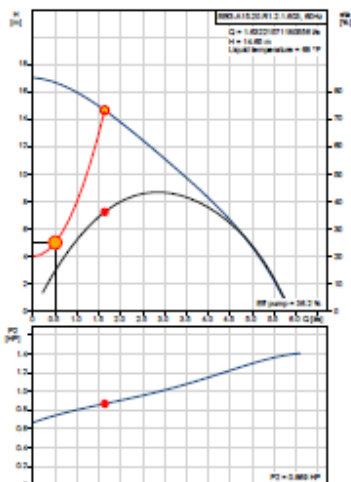
98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz



98682359 SEG.A15.20.R1.2.1.603 60 Hz

Input		
General		
Application	Wastewater	
Application area	Municipal wastewater	
Application type	Sewage	
Installation	Submersible pump with autocoupling system	
Total number of pumps	1	
Discharge flow (Q)	0.5 l/s	
Geodetic head	4 m	
Viscosity	1 cSt	
Density	82.4 lb/ft³	
Pipe friction losses	1 m	
Prefer fast delivery	No	
Your requirements		
Speed regulation	No	
Allowed undersize	5 %	
Liquid temp. <= 104 °F	Yes	
No. of duty points	1	
Cooling jacket required	No	
Select type of hydraulic		
Dry solids content	0 - 3%	
Grinder	Yes	
Channel impeller	Yes	
Vortex impeller	Yes	
S-tube	Yes	
Select type of material		
Complete cast iron	Yes	
Cast iron with stainless steel impeller	No	
Cast iron motor with stainless steel pump housing and impeller	No	
Complete stainless steel	No	
Select type of motor		
	Standard motor	
Edit load profile		
Load profile	Full load	
Period	Day	
Opening Hours per Day	2.74 h/day	
Operational conditions		
Frequency	60 Hz	
Phase	1 or 3	
Hit list settings		
Energy price	0.12 \$/kWh	
Increase of energy price	6 %	
Calculation period	10 years	
Load profile		
Flow	1	%
Head	293	%
P1	0.831	kW
Eff total	28.2	%
Time	1000	h/a
Consumption	255	kWh/Year
Quantity	1	

Sizing result	
Type SEG.A15.20.R1.2.1.603	
Flow	1.88153889073058 l/s (+226%)
H geodetic	4 m
H total	14.55 m (+193%)
Flow total	475560 gal/year
Max starts per hour	30
Power P1	0.835 kW
Power P2	0.874 HP
NPSH required	10 m
Eff pump	38.8 %
Eff motor	78.0 %
Eff pump+motor	28.7 % = Eff pump * Eff motor
Eff total	28.7 % = Eff relative to the duty point
Best eff pump	43.4 % = Eff in best efficiency point
Best eff pump+motor	33.8 % = Eff in best efficiency point
Nom. Motor Speed	3450 rpm
Consumption	255 kWh/Year
Price	On request
Total costs	On request / 10 Years
Life cycle cost	\$ 2188 / 10 Years





BORANG CEK FORMAT LAPORAN TA

No	Kelengkapan TA	Cek Mahasiswa	Cek Pembimbing
1	Halaman judul	✓	✓
2	Abstrak dalam bahasa Indonesia	✓	✓
3	Abstrak dalam bahasa Inggris	✓	✓
4	Kata pengantar	✓	✓
	Format sesuai dengan pedoman penulisan TA 2016	✓	✓
5	Daftar isi	✓	✓
6	Daftar gambar	✓	✓
7	Daftar tabel	✓	✓
8	Daftar lampiran	✓	✓
9	Bab I	✓	✓
10	Bab II	✓	✓
11	Bab III	✓	✓
12	Bab IV	✓	✓
13	Bab V	✓	✓
14	Daftar pustaka	✓	✓
15	Biodata	✓	✓
16	Lampiran (jika ada)	✓	✓

Mahasiswa

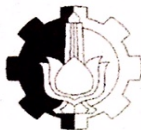
GUSTIKA OBETHAMI BATUBARA

Menyetujui

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

Mengetahui

Dr. Harmin Sulistiyani Titah, ST, MT



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

DATA ANALISA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT

Dikirim Oleh : RSUD BDH
Dikirim Tanggal : 29 Maret 2016
Sampel Dari : Sumpit 4 (OK)

Parameter	Satuan	Baku Mutu *)	Hasil Analisa	Metoda Analisa
Temperatur	°C	30	25	Termometer
pH	-	6 - 9	6,70	pHmeter
TSS	mg/L	30	116,00	Gravimetri
COD	mg/L O ₂	80	181,00	Reflux/Tetrimetri
BOD	mg/L O ₂	30	110,00	Winkler
NH ₃ Bebas	mg/L NH ₃ -N	0,1	88,60	Spektrofotometer
Pospat	mg/L PO ₄ -P	2	4,64	Spektrofotometer
Total Koliform	MPN/100 mL	10.000	280 x 10 ⁸	Fermentasi multi tabung

Surabaya, 05 April 2016
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

*) Keputusan Gubernur Jawa Timur
No. 72 Tahun 2013

- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang
diterima laboratorium kami

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.
NIP. 195501281985032001



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : GUSTIKA OBETHAMI BATUBARA
NRP : 3313100110
Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Medis dan Daur Ulang
Efluen IPAL di Rumah Sakit Kelas C

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	6 Maret 2017	Penentuan debit Air limbah medis dan perhitungan Bak Ekuaisasi	
2.	9 Maret 2017	Perhitungan % removal N & P	
3.	20 Maret 2017	Perhitungan unit ABR terintegrasi dengan tangki septik	
4.	27 Maret 2017	Perhitungan unit karbon filter	
5.	3 April 2017	Perbaikan gambar-gambar desain unit pengolahan	
6.	17 April 2017	Perhitungan headloss saluran dan gambar	
7.	1 May 2017	Perhitungan pompa-pompa dan aksesoris	
8.	15 May 2017	Perbaikan tabel, gambar dan kesimpulan sementara	
9.	6 Juni 2017	Perhitungan dan perbaikan BOQ & RAB	
10.	16 Juni 2017	finalisasi laporan	

Surabaya, 14 Juni 2017
Dosen Pembimbing,

Prof. Dr. Ir. Niek Karnaningroem, M.Sc



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : GUSTIKA OBETHAMI BATUBARA
NRP : 3313100110
Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Medis dan Daur Ulang Efluen IPAL di Rumah Sakit Kelas C

No	Saran Perbaikan (sesuai Form KTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	PP No 82 Tahun 2001 perlu diganti dengan PP untuk air bersih	Sudah dilakukan perbaikan terhadap saran
2.	Perlu dijelaskan bahwa hasil presipitasi N kecil untuk pengolahannya bersama dengan P dengan filtrasi	Sudah dilakukan perbaikan terhadap saran
3.	Alasan pemilihan ABF	Sudah dilakukan perbaikan terhadap saran
4.	Pb diberi penjelasan perlu dipresipitasi	Sudah dilakukan perbaikan terhadap saran
5.	Gambar-gambar teknik perlu diperbaiki dan dicek ulang	Sudah dilakukan perbaikan terhadap saran
6.	Profil hidrolis belum ada	Sudah dilakukan perbaikan terhadap saran
7.	BOQ dan RAB perlu dibuat untuk laporan	Sudah dilakukan perbaikan terhadap saran
8.	pada ujian lisan	Sudah dilakukan perbaikan terhadap saran
9.	Desain Reuse	Sudah dilakukan perbaikan terhadap saran

Dosen Pembimbing,

Mahasiswa Ybs, 14 Juni 2017

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

3313100110
GUSTIKA OBETHAMI BATUBARA